



Universidad
Carlos III de Madrid

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
ELECTRÓNICA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA**

**DESARROLLO DE UNA AYUDA
TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL
COLEGIO SAN RAFAEL (8):**

**Control interactivo de estímulos
sensoriales**

SALA SNOEZELN

AUTOR: MIGUEL DE PRADO ESCUDERO
TUTOR: RICARDO VERGAZ BENITO

Leganés, julio 2013

Título: DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA
ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL: Control interactivo
de estímulos - Sala Snoezelen

Autor: Miguel de Prado Escudero

Director: Ricardo Vergaz Benito

EL TRIBUNAL

Presidente:

Vocal:

Secretario:

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 12 de Julio de 2013 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

Quiero agradecer el proyecto a mis padres principalmente porque terminar un proyecto final de carrera tiene un significado especial. Ese significado es el continuo trabajo y dedicación a la educación y cultura que mis padres han tratado durante toda mi vida de inculcarme. Es por ellos por lo que he sido capaz de superarme momento a momento, no caer en los buenos instantes y levantarme de los malos.

En segundo lugar quiero agradecer este proyecto a mis hermanos. Debido a ser el pequeño, siempre he encontrado el camino allanado por sus primeros andares. Gracias a ellos he sabido evitar errores y me han servido de excelentes guías en todos los planos de mi vida.

Llegados a este punto me gustaría añadir también a mis amigos que me hacen crecer compartiendo y ampliando mis experiencias.

Por último, queda en vilo agradecer a toda la comunidad docente que ha hecho y sigue haciendo, pese a todos los agravantes de estos tiempo, que alumnos como yo y muchos otros lleguemos a un nivel de conocimiento que no solo nos ayudará en nuestra carrera profesional, sino que nos forma como personas, con ciertos valores especiales como la riqueza del conocimiento y el gusto por el saber.

Especialmente quiero agradecer el apoyo de Ricardo Vergaz que es una persona muy tolerante y es capaz de ver mis intenciones más allá de las vagas explicaciones que le doy.

Después de muchos años de estudio finalmente me encuentro ante un tribunal que valorará mi primer trabajo realmente serio y autónomo en electrónica. Este hecho me llena de emoción y me da energías para seguir adelante y continuar mi formación en un Máster hacia ojala un futuro de investigación y desarrollo.

¡Gracias a todos y por todo!

Resumen

El proyecto se ha realizado gracias a la colaboración del Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas de la Universidad Carlos III de Madrid (GDAF-UC3M) con el Colegio de Educación Especial del Hospital San Rafael de Madrid, que alberga niños, los cuales presentan una serie de disfunciones cognitivas y motoras. A través de este tipo de proyectos se trata de ayudarles intentando hacer su vida más fácil y divertida.

El presente proyecto tiene como objetivo potenciar sus habilidades motrices y de relación causa-efecto, dando la capacidad a los niños de cambiar la iluminación y jugar con sonidos a través de un mando radiocontrol. Para ello se ha adaptado una sala del centro. Dicha adaptación consiste en la instalación de leds de potencia y una cortina de fibra óptica que se ilumina sincronizadamente con dichos leds. También se han instalado sonidos variados que los chicos pueden reconocer y jugar con ellos.

El medio por el cual se puede controlar la sala es a través de un mando y un receptor creados y adaptados para los alumnos de este centro. El mando posee 4 botones de control (elección entre luz/sonido, ambas o apagado) y otros 4 de acción (uno por color y sonido). Dado que hay alumnos con diferentes capacidades motoras también se ha añadido una entrada Jack y un sensor de movimiento. Con estas dos entradas auxiliares todos los alumnos serán capaces de acceder a la sala y tener control sobre ella.

El mando es totalmente inalámbrico, posee un sistema de RF que emite hacia el receptor colocado en el techo de la habitación. Desde el receptor se emiten las señales que cambian la iluminación o el sonido. El mando contiene una batería recargable en su interior. Para su carga se ha incluido una entrada Jack para montaje en chasis que facilita su uso sin tener que extraerla.

El sistema se ha montado con éxito en el Colegio del Hospital San Rafael.

Abstract

The project has been developed thanks to the collaboration of the Displays and Photonics Applications Department of the Carlos III University of Madrid (GDAF-UC3M) and the Special Education School Hospital San Rafael de Madrid. This school hosts children with cognitive and motor dysfunction. Through such projects it is tried to help them and make their life easier and funnier.

This project aims to enhance their motor skills and cause-effect relation, making the children able to change the lighting and sound play through a radio command. A room has been adapted in order to get this goal. This adaptation involves the installation of power LEDs and fiber optic curtain lights synchronized with these LEDs. Several sounds have been also installed so that kids can recognize them and play with.

The means to control the room is through a remote and a receiver system control created and adapted for students of this center. The remote control has 4 buttons (choice of light / sound, both or off) and other 4 to have action over the system (one per color and sound). Provided that there are students with different motor skills, a Jack input and a motion sensor have been added. With these two auxiliary inputs all students will be able to have control over it.

The remote control system uses wireless technology has a RF system that broadcasts to the receiver system in the ceiling of the room. The receiver system emits signals that change the lighting or sound. The remote control system contains a rechargeable battery inside. In order to charge the same, a Jack input has been included making easier the use of the system, so the battery may be charged without removing it from the system.

The system has been successfully installed at the School of San Rafael Hospital.

Índice general

| | |
|---|----|
| Capítulo 1 - Introducción y objetivos..... | 13 |
| 1.1 Introducción..... | 13 |
| 1.2 Objetivos y especificaciones..... | 17 |
| 1.2.1. Objetivos..... | 17 |
| 1.2.2. Especificaciones..... | 18 |
| 1.3 Fases del proyecto..... | 19 |
| 1.4 Medios utilizados..... | 21 |
| Capítulo 2 - Diseño del Sistema..... | 23 |
| 2.1 Mando..... | 25 |
| 2.1.1 Placa Selección Modo..... | 26 |
| 2.1.2 Placa Ejecución..... | 28 |
| 2.1.3 Alimentación..... | 31 |
| 2.2 Receptor..... | 33 |
| 2.2.1 Sistema electrónico receptor..... | 33 |
| 2.2.2 Alimentación..... | 36 |
| Capítulo 3 - Elementos del sistema..... | 37 |
| 3.1 Estructura electrónica..... | 37 |
| 3.1.1 Mando..... | 37 |
| 3.1.1.1 Placa selección modo..... | 38 |
| 3.1.1.1.1 Entrada al sistema a través se pulsadores..... | 39 |
| 3.1.1.1.2 Procesado señal (Habilitación)..... | 44 |
| 3.1.1.1.3 Codificación y recepción RF..... | 47 |
| 3.1.1.2 Placa ejecución..... | 50 |
| 3.1.1.2.1 Entrada al sistema a través de pulsadores, etc..... | 51 |
| 3.1.1.2.2 Procesado señal (Cuenta binaria, habilitación...)..... | 55 |

| | | |
|------------|-------------------------------------|----|
| 3.1.1.2.3 | Codificación y emisión RF | 59 |
| 3.1.1.3 | Alimentación | 60 |
| 3.1.2 | Receptor | 64 |
| 3.1.2.1 | Sistema Electrónico Receptor | 65 |
| 3.1.2.1.1 | Recepción RF y decodificación | 67 |
| 3.1.2.1.2 | Procesado señal | 70 |
| 3.1.2.1.3 | Etapas potencia..... | 73 |
| 3.1.2.1.4 | Salidas audiovisuales..... | 74 |
| 3.1.2.2 | Alimentación | 77 |
| 3.2 | Estructura mecánica | 79 |
| 3.2.1 | Mando..... | 79 |
| 3.2.2 | Receptor | 81 |
| Capítulo 4 | - Resultados | 85 |
| 4.1 | Mando | 87 |
| 4.1.1 | Placa de control de modo..... | 89 |
| 4.1.1.1 | Integrado 555..... | 89 |
| 4.1.1.2 | Codificador emisor..... | 89 |
| 4.1.1.3 | Emisor RF | 90 |
| 4.1.2 | Placa de ejecución | 90 |
| 4.1.2.1 | Integrado 555..... | 90 |
| 4.1.2.2 | Contador binario..... | 91 |
| 4.2 | Receptor | 92 |
| 4.2.1 | Decodificador receptor | 94 |
| 4.2.2 | Leds de potencia | 95 |
| 4.2.3 | Cortina de fibra óptica..... | 95 |
| 4.2.4 | Integrado de sonido | 96 |
| Capítulo 5 | - Conclusiones | 97 |

| | |
|---|-----|
| Capítulo 6 - Mejoras | 98 |
| 1) Sustitución placa de puntos. | 98 |
| 2) Mejora del sensor de movimiento..... | 98 |
| 3) Separación frecuencia de sucesión en el contador. | 99 |
| Capítulo 7 - Presupuesto | 100 |
| 7.1 Coste material..... | 100 |
| 7.1.1 Mando..... | 100 |
| 7.1.2 Receptor | 101 |
| 7.2 Coste personal | 101 |
| 7.3 Otros costes..... | 102 |
| 7.4 Coste total | 102 |
| Capítulo 8 - Anexos | 104 |
| 8.1 Anexo 1 – Esquemas eléctricos | 104 |
| 8.1.1 Mando..... | 104 |
| 8.1.1.1 Alimentación | 104 |
| 8.1.1.2 Placa Elección de Modo | 105 |
| 8.1.1.3 Placa Ejecución | 106 |
| 8.1.2 Receptor | 107 |
| 8.1.2.1 Alimentación | 107 |
| 8.1.2.2 Placa Receptor..... | 108 |
| 8.2 Anexo 2 – Cálculos | 110 |
| 8.2.1 Alimentación Mando..... | 110 |
| 8.2.2 Potencia | 111 |
| 8.2.3 Ángulo iluminación fibra óptica..... | 112 |
| Capítulo 9 – Referencias | 114 |
| 9.1 Bibliografía | 114 |
| 9.2. Datasheets | 115 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1 Colegio San Rafael- Exterior | 13 |
| Figura 1-2 Colegio San Rafael- Interior | 14 |
| Figura 1-3 Pulsador adaptado del centro..... | 15 |
| Figura 1-4 Sala Snoezelen Complejo asistencial Benito Menni..... | 16 |
| Figura 2-1 Esquema general del diseño | 24 |
| Figura 2-2 Esquema del Mando diseñado | 25 |
| Figura 2-3 Esquema Global Proceso Electrónico de la Placa de Modo..... | 26 |
| Figura 2-4 Esquema Placa de Selección de Modo diseñado | 27 |
| Figura 2-5 Esquema Específico del Sistema Elect. de la Placa de Modo..... | 27 |
| Figura 2-6 Esquema Global del Sistema Elect. de la Placa de Ejecución | 29 |
| Figura 2-7 Esquema Placa Ejecución diseñado | 29 |
| Figura 2-8 Esquema Específico de Sistema Elect. de la Placa de Acción | 30 |
| Figura 2-9 Esquema Alimentación diseñada | 32 |
| Figura 2-10 Esquema Sistema Receptor Diseñado..... | 33 |
| Figura 2-11 Esquema Global del Sistema Electrónico Receptor..... | 34 |
| Figura 2-12 Esquema Sistema Electrónico Receptor Diseñado..... | 34 |
| Figura 2-13 Esquema Específico del Sistema Electrónico Receptor..... | 35 |
| Figura 2-14 Esquema Alimentación Diseñada | 36 |
| Figura 3-1 Mando diseñado para RF. Especificación de cada bloque | 37 |
| Figura 3-2 Placa Selección de Modo por Bloques | 38 |
| Figura 3-3 Placa Selección de Modo por Elementos | 39 |
| Figura 3-4 Pulsadores de Modo MP1-10X | 40 |
| Figura 3-5 Diagrama de Pines Registro SN74LS194 A..... | 40 |
| Figura 3-6 Diagrama de Pines Integrado LM555..... | 42 |
| Figura 3-7 Esquemático Integrado 555..... | 43 |
| Figura 3-8 Diagrama de Pines P. OR CD4072 B..... | 45 |
| Figura 3-9 Diagrama de Pines de la P.NOT CD74HCT04 | 46 |
| Figura 3-10 Diagrama de Pines Codificador MC145026 | 48 |
| Figura 3-11 Diagrama de Pines Emisor RF AM-RT4-433 | 49 |
| Figura 3-12 Placa de Ejecución por Bloques | 50 |
| Figura 3-13 Placa de Acción por Elementos | 51 |
| Figura 3-14 Pulsador de Selección EV-02..... | 52 |
| Figura 3-15 Sensor de Movimiento V40 Q..... | 53 |
| Figura 3-16 Conmutadores y entrada Jack | 54 |

| | |
|---|----|
| Figura 3-17 Diagrama de Pines Contador SN74HC161 | 56 |
| Figura 3-18 Diagrama de Pines Decodificador CD4555 B..... | 57 |
| Figura 3-19 Alimentación por Bloques | 60 |
| Figura 3-20 Batería de Ácido de Plomo 537-5444 | 61 |
| Figura 3-21 Diagrama de Pines Regulador LM7805..... | 62 |
| Figura 3-22 Fusible 125 mA | 62 |
| Figura 3-23 Conmutador 1 Circuito- 3 Posiciones | 63 |
| Figura 3-24 Fuente de Alimentación D35-12-0250 | 63 |
| Figura 3-25 Entrada Jack 6,35 mm | 64 |
| Figura 3-26 Conjunto Receptor por Bloques | 65 |
| Figura 3-27 Placa Receptor por Bloques..... | 66 |
| Figura 3-28 Placa Receptor por Elementos | 66 |
| Figura 3-29 Diagrama de Pines Receptor RF AM-HRR _N -433..... | 68 |
| Figura 3-30 Diagrama de Pines Decodificador MC145027 | 69 |
| Figura 3-31 Diagrama de Pines P.AND CD74HCT08 | 72 |
| Figura 3-32 Diagrama de Pines Driver Darlington UNL 2004 A | 74 |
| Figura 3-33 Led de Potencia LX W5AM | 75 |
| Figura 3-34 Fibra Óptica 0,5 mm ² | 76 |
| Figura 3-35 Integrado de Sonido | 77 |
| Figura 3-36 Alimentación Receptor por Bloques | 77 |
| Figura 3-37 Caja Mando | 79 |
| Figura 3-38 Acople Pulsadores | 80 |
| Figura 3-39 Acople Entradas Jack y Conmutadores | 80 |
| Figura 3-40 Adaptador Sensor de Movimiento | 81 |
| Figura 3-41 Caja Receptor..... | 82 |
| Figura 3-42 Adaptador Leds de Iluminación | 83 |
| Figura 3-43 Adaptación Leds-Fibra Óptica..... | 83 |
| Figura 3-44 Acople al Techo..... | 84 |
| Figura 4-1 Montaje general 1 | 85 |
| Figura 4-2 Montaje general 2 | 86 |
| Figura 4-3 Interacción mando-alumno..... | 87 |
| Figura 4-4 Mando horizontal | 88 |
| Figura 4-5 Mando vertical..... | 88 |
| Figura 4-6 Pulso reloj placa modo | 89 |
| Figura 4-7 Señal codificada..... | 89 |

| | |
|--|----|
| Figura 4-8 Señal RF | 90 |
| Figura 4-9 Pulso reloj placa ejecución | 90 |
| Figura 4-10 Cuenta binaria | 91 |
| Figura 4-11 Receptor luz variada | 92 |
| Figura 4-12 Receptor | 93 |
| Figura 4-13 Receptor | 94 |
| Figura 4-14 Señal decodificación | 94 |
| Figura 4-15 Leds de potencia | 95 |
| Figura 4-16 Cortina fibra óptica..... | 95 |
| Figura 4-17 Integrado sonido..... | 96 |

Capítulo 1 - Introducción y objetivos

1.1 Introducción

El presente proyecto se destina a los alumnos discapacitados del Colegio de Educación Especial del Hospital San Rafael, situado en Serrano 199 Madrid.

El Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid colabora con el citado centro mediante la aportación de proyectos fin de carrera de alumnos de la Escuela Politécnica Superior. Estos proyectos se usan directamente en el funcionamiento diario del colegio con los alumnos del mismo.

El colegio, en funcionamiento desde 1976, atiende a alumnos plurideficientes motóricos. Tras la remodelación de sus instalaciones y la renovación de su proyecto educativo, se encuentra perfectamente preparado para acoger a alumnos con serias dificultades motoras y cognitivas (véase figura 1-1 y 1-2). En él se da un tratamiento integral que abarca aspectos pedagógicos, motóricos, de comunicación, salud, alimentación, aseo e higiene.



Figura 1-1 Colegio San Rafael- Exterior

CONTROL INTERACTIVO DE ESTÍMULOS SENSORIALES- SALA SNOELEZEN

Actualmente cuenta con tres grupos de trabajo según las edades de los alumnos:

- Educación Infantil para alumnos entre 3 y 6 años.
- Educación Básica Obligatoria para alumnos entre 6 y 16 años.
- Programa de Transición a la Vida Adulta para alumnos entre 16 y 21 años.

El personal del colegio está compuesto por:

- Profesores de Educación Especial.
- Pedagogas.
- Logopedas.
- Psicólogos.
- Fisioterapeutas.
- Profesor de Ayudas Técnicas.
- Auxiliares Técnico Educativos.
- Terapeuta Ocupacional.



Figura 1-2 Colegio San Rafael- Interior

Desafortunadamente la mayoría de productos comerciales desarrollados están enfocados para el grueso de la población. La comunidad de personas con discapacidad (entorno al 6% de la población) se ve afectado por este motivo ya que los productos tecnológicos no se adaptan a sus necesidades y/o condiciones.

Existen empresas que se dedican o tienen un departamento específico para adaptar dichos artículos. No obstante, los precios de mercado ascienden notablemente y el abanico de productos es reducido debido a la variedad de condiciones de las personas con discapacidad.

Los cuidadores de este centro tratan de desarrollar sistemas para ayudar a los alumnos y hacer su aprendizaje diario más fácil y gratificante. Por ejemplo, una técnica habitual es introducir una entrada Jack hembra en los juguetes o aparatos. De este modo, a través de un Jack macho acoplado a un pulsador personalizado, los alumnos son capaces de interactuar con su ambiente, véase figura 1-3. Este es un estándar de conexión de facto usado por los cuidadores del centro en todo aparato electrónico que utilicen los niños.



Figura 1-3 Pulsador adaptado del centro para colocar en una silla de ruedas y ajustarlo a la altura y posición a las que obliga la discapacidad motórica del niño. El pulsador termina en un cable y un conector Jack.

Como hemos reflejado previamente, la amplia variedad de situaciones dificulta la utilización de un sistema para el conjunto de alumnos. Por lo tanto se busca la simplicidad y polivalencia de los productos a desarrollar. Este proyecto está enfocado a ayudar a este colectivo tratando de solventar los problemas que les afectan y suplir la escasez de ayudas que reciben. Los cuidadores del centro nos propusieron crear una sala tipo Snoezelen (1).

Como se puede observar en la figura 1-4, una sala Snoezelen es una habitación multisensorial que ofrece a las personas que la utilizan mantener una interacción visual, sonora y táctil con el medio que les rodea. Mediante sensores colocados estratégicamente el usuario es capaz de jugar con la iluminación, percibir distintos sonidos, sentir vibraciones, etc.



Figura 1-4 Sala Snoezelen Complejo asistencial Benito Menni

Este género de salas fueron creadas en Holanda y ya han sido implantadas en centros como el Complejo asistencial Benito Menni o la Fundación Síndrome de West en la comunidad madrileña (2). Se ha visto que mediante un continuo uso de dicha sala, personas con discapacidad

logran mantener una mayor atención a través de la *satisfacción* y el *placer*. Al mismo tiempo mejoran sus capacidades reduciendo la ansiedad e impulsividad y descubren diferentes respuestas y formas de comunicación de las que están acostumbrados en la vida cotidiana.

El principal problema de las salas Snoezelen es su alto precio debido a que la instalación necesita una estricta personalización. El precio se mide en decenas de miles de euros y supone una gran restricción para muchos centros que no pueden realizar grandes inversiones.

En particular, el colegio San Rafael pretende desde hace largo tiempo adaptar una sala con un bajo coste que realice la función de una sala multisensorial (Snoezelen) para sus alumnos. La sala debe ser apta para todos ellos con el fin de procurar un nuevo entorno de trabajo para cuidadores y alumnos.

1.2 Objetivos y especificaciones

1.2.1. Objetivos

Los principales objetivos del proyecto se describirán a continuación:

- Proporcionar una sala multisensorial o sala Snoezelen mediante la adaptación de una habitación del centro. El colegio cuenta ya con una sala de iluminación externa reducida apta para actividades que necesitan mayor nivel de oscuridad. Además, se introducirá un nuevo sistema sonoro y de iluminación con el fin de crear una mayor diversidad lumínica y sensorial. El coste de estos sistemas es excesivo para el centro. El coste previsto del sistema a desarrollar no superará (en cuanto a materiales e instalación) los 500 euros.
- Crear un sistema causa-efecto que permita a los alumnos entender los distintos sucesos que se pueden originar a través de de sus propias acciones. De esta manera se tratará de incrementar su nivel cognitivo y de atención que beneficiará su estancia en el centro y fuera de él.

- Reforzar la interactividad de las personas con discapacidad con su alrededor. Mediante actividades lúdicas se buscará una mayor comunicación entre los alumnos y la sala para potenciar sus habilidades sociales.

1.2.2. Especificaciones

Concretando los anteriores objetivos, el sistema a desarrollar constará de un mando y sistema receptor que provocará estímulos. A continuación se indicarán las principales especificaciones de ambos:

- Mando: Contará con distintos sensores tales como:
 - 4 pulsadores de selección. A saber: luz/sonido, ambos o apagado.
 - 4 pulsadores de acción responsables de la interacción directa con colores y sonidos.
 - 1 entrada Jack hembra que desarrolla una secuencia cíclica de colores y sonidos.
 - 1 sensor de movimiento que realiza las mismas funciones que la entrada Jack.

El mando estará provisto de un sistema electrónico (se detallará en apartados posteriores) capaz de modular y transmitir por radiofrecuencia a un sistema receptor la información dada por los sensores. Al ser un mando portátil se necesitará una batería recargable para alimentar el circuito electrónico.

- Receptor: Cuenta con diversas salidas como:
 - 12 leds de colores (3 leds por cada color) para la iluminación de la sala.
 - 4 leds de colores (1 led por cada color) enfocados a una cortina de fibra óptica.
 - 4 sonidos distintos.

El receptor tendrá un circuito electrónico capaz de detectar y demodular la información enviada por el emisor y activar las distintas salidas según proceda. Para ello necesitará un driver de potencia y un registro de los datos recibidos.

1.3 Fases del proyecto

Se pueden distinguir distintas fases del proyecto las cuales expondremos a continuación:

- **Definición del proyecto:** En primer lugar el profesor Vergaz introdujo los conceptos básicos de los proyectos realizados anteriormente en el colegio San Rafael. Propuso una visita al colegio y una reunión con el departamento de ayudas técnicas. Se realizó una valoración de las necesidades que tenían en ese momento y se propusieron los objetivos previamente descritos.
- **Diseño y pruebas:** Una vez establecidos los objetivos básicos se comenzaron a diseñar los primeros bocetos de lo que acabaría siendo el proyecto. Se estudiaron diferentes perspectivas, métodos y tecnologías. Finalmente tras varias reuniones y pruebas en el laboratorio, se estableció como debía ser el proyecto y qué debía contener para su correcto desarrollo.
- **Desarrollo:** El desarrollo del proyecto se produjo en los laboratorios de la Universidad disponiendo de todos los medios y equipos en él. En primer lugar, el circuito electrónico se implementó en ProtoBoard como prototipo y posteriormente se traspasó a una placa de puntos con soldadura. A continuación se construyó tanto el mando como el receptor y se introdujeron las distintas salidas audiovisuales.

- **Implementación en el centro:** la implementación en el centro se ha realizado tras varias pruebas y el acuerdo con los trabajadores del centro. Se ha instalado en una de las habitaciones del centro. Para ello se ha introducido una polea en el techo de la cual cuelga el receptor. De esta manera se ha conseguido jugar con la altura las luces y la cortina de fibra óptica. El mando es portátil, pero se establece sobre una superficie recta y plana donde los alumnos son capaces de actuar sobre él.

Como se puede apreciar, se ha seguido una metodología basada en el Diseño centrado en el usuario y el Diseño para Todos. Con estas filosofías, se pretende que los sistemas tengan un uso extendido a todo tipo de usuario, tenga o no discapacidad, pero especialmente inclusivo para las personas con discapacidad. Al mismo tiempo, se cuenta con el usuario final (con los alumnos) en todas las fases del Proyecto. Para ello, se hacen consultas y pruebas con los usuarios finales o sus cuidadores a lo largo de los diseños, los prototipados y las implementaciones finales. Esta filosofía (3) se ha seguido en todos los Proyectos realizados con el centro hasta la fecha.

Se ha pretendido seguir también los siete principios del Diseño para Todos, como se podrá apreciar durante la descripción del trabajo:

1. Igualdad de uso: el diseño debe ser fácil de usar y adecuado para todas las personas independientemente de sus capacidades y habilidades.
2. Flexibilidad: el diseño debe poder adecuarse a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
3. Simple e intuitivo: el diseño debe ser fácil de entender independientemente de la experiencia, los conocimientos, las habilidades o el nivel de concentración del usuario.

4. Información fácil de percibir: el diseño debe ser capaz de intercambiar información con usuario, independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del mismo.
5. Tolerante a errores: el diseño debe minimizar las acciones accidentales o fortuitas que puedan tener consecuencias fatales o no deseadas.
6. Escaso esfuerzo físico: el diseño debe poder ser usado eficazmente y con el mínimo esfuerzo posible.
7. Dimensiones apropiadas: los tamaños y espacios deben ser apropiados para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición, y movilidad.

1.4 Medios utilizados

Para la realización del proyecto se han utilizado distintos medios tales como:

❖ **Hardware:**

- Herramientas (taladradora, cúter, destornilladores) para la construcción del mando y el receptor.
- Resina tipo epoxi y silicona termofusible. Han servido para la sujeción de los distintos elementos entre sí.
- Placas de puntos en las cuales se ha implementado el circuito electrónico.
- Útiles de soldadura para sujeción del circuito electrónico en las placas de puntos.
- Impresora 3D Markerbot para la realización de piezas de sujeción y acoplo.

❖ Software:

- OrCAD 10. Programa utilizado para la realización de los esquemáticos de los circuitos electrónicos.
- Replicator-3D que sirve de interface para la Impresora 3D Makerbot que ha realizado distintas piezas para el mando y el receptor.

❖ Laboratorio:

- Laboratorio de trabajo del Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas del departamento de Tecnología Electrónica. Se ha dispuesto de equipos tales como osciloscopio, generador de funciones para las pruebas y valoración del funcionamiento del sistema de radiofrecuencia. Se ha utilizado también una fuente de alimentación estándar de laboratorio, hasta la compra de una alimentación propia para el circuito.

Capítulo 2 - Diseño del Sistema

El sistema desarrollado se basa en la interacción entre un mando (bloque emisor) y un bloque receptor que contiene las salidas audiovisuales. Para lograr dicha interacción cabe destacar principalmente los módulos de RF y los codificadores/decodificadores adjuntos a ellos.

Se ha optado por una transmisión de datos digitales debido a que es un sistema estudiado en la universidad y presenta (4) numerosos aspectos que se adecuan perfectamente al tipo de transmisión que se necesita en este proyecto como por ejemplo:

- Sistema muy flexible que se adapta a distintos aspectos de transmisión.
- Permite seleccionar la frecuencia de codificación.
- Contiene datos de dirección ajustables que evita la interferencia con otras ondas de la misma frecuencia.
- Señal a la salida compatible con CMOS o TTL.
- Contiene un sistema de seguridad para no perder información.
- Solo consume potencia cuando está habilitada la función de transmisión.
- Tiene un alcance hasta 50 m suficientes para esta aplicación.
- Es económico frente a otros sistemas.

La frecuencia portadora es de 433 MHz, la cual no requiere ningún tipo de licencia ni interfiere con ondas de radio oficiales o nacionales.

Como hemos mencionado anteriormente, la frecuencia de codificación se ajusta mediante un oscilador RC externo, siendo imprescindible que sea la frecuencia de decodificación sea la misma para la correcta transmisión de información. El codificador envía los datos en serie a un integrado de transmisión que se encarga de modular la onda y emitir por radiofrecuencia. La señal es recogida por un integrado receptor que realiza la demodulación y la transmite en serie nuevamente al decodificador, el cual compara que la codificación coincida con la suya. Para que se transmitan los datos con

mayor seguridad, el codificador tiene que recibir dos señales consecutivas idénticas. Una vez hecho se obtiene la información en salida (5).

A continuación se puede ver un esquema de bloques que muestra el proceso que sigue el sistema electrónico:

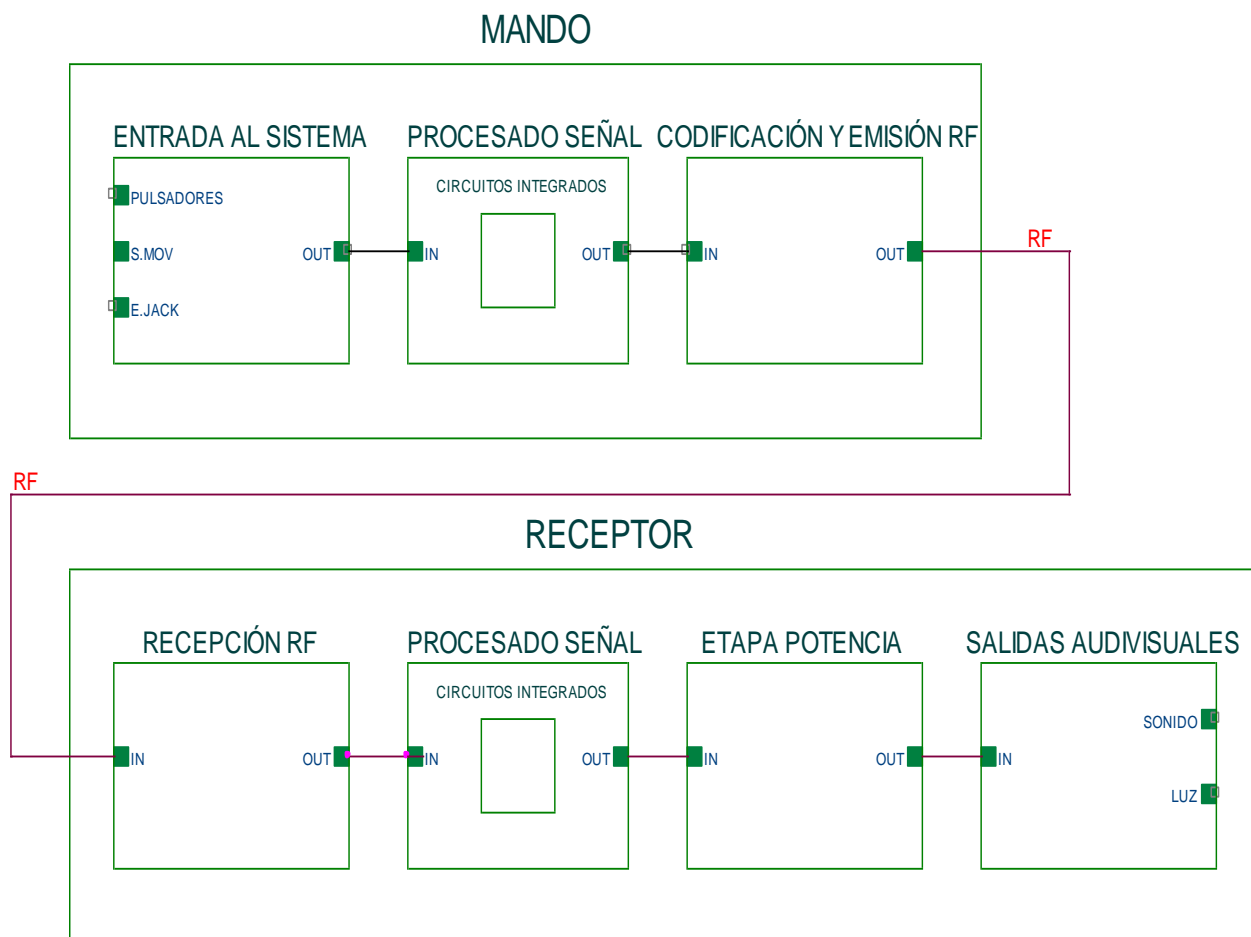


Figura 2-1 Esquema general del diseño

2.1 Mando

MANDO

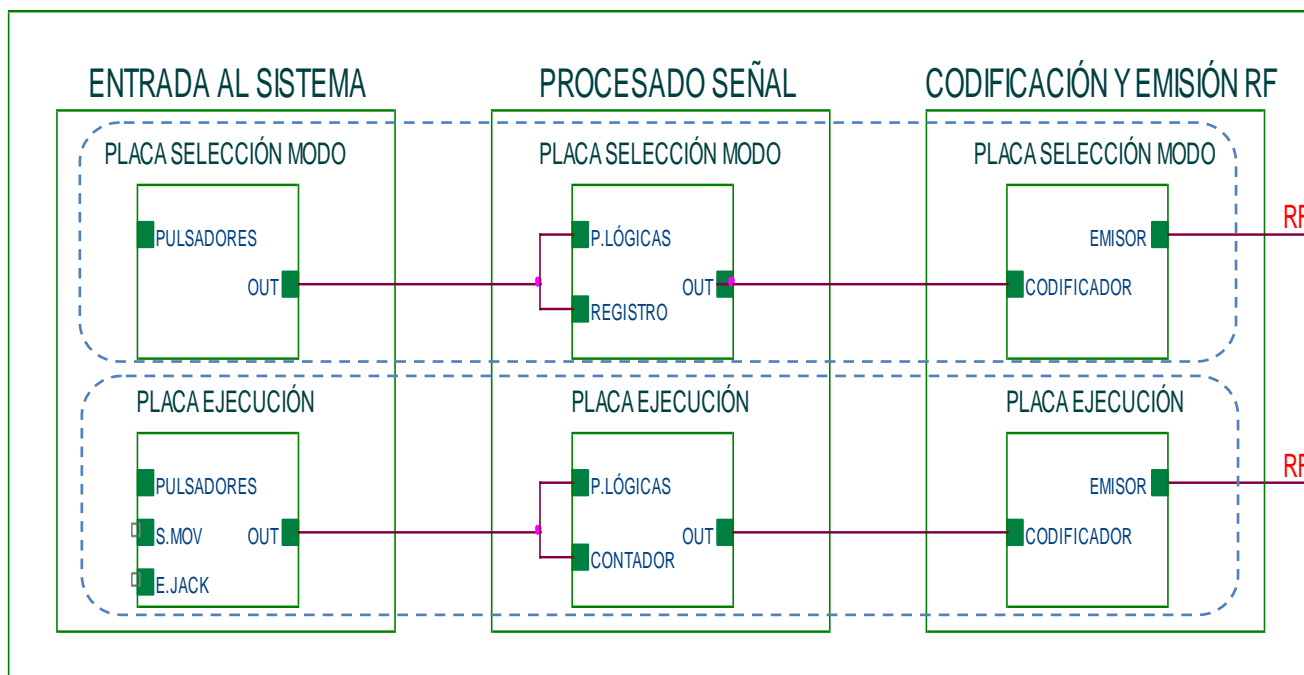


Figura 2-2 Esquema del Mando diseñado

El mando se ha diseñado de la manera más útil y cómoda posible para los alumnos del colegio San Rafael. Se ha realizado mediante dos placas conectadas entre sí, que denominamos “de modo” y “de ejecución”, pero fundamentalmente divididas en tres bloques funcionales: entrada, procesamiento y codificación y emisión por radiofrecuencia. Como se puede observar en la figura 2-2, se ha dispuesto de pulsadores (en concreto hay 8: 4 de selección de modo, 4 de ejecución) que servirán de interface entre el sistema electrónico y los alumnos del centro. Se han incluido además dos entradas, una de Jack y un sensor de movimiento (*véase apartado 2.1.2*).

Las placas se encargan de procesar las señales recibidas por los sensores y de su emisión por RF. Para la alimentación de los sistemas se ha instalado una batería recargable de 12 V y una entrada Jack para su recarga (*véase apartado 2.1.3*).

A continuación se detallarán los diseños de cada una de las partes:

2.1.1 Placa Selección Modo

Este subsistema se encuentra dentro del sistema electrónico del mando. Se encarga de la selección de modo operativo entre distintas opciones de funcionamiento del sistema. Dicho sistema cuenta con cuatro posibilidades: Sonido, Iluminación, Sonido e Iluminación simultáneamente y Reposo. Las tres primeras se establecen como selección de tipo de estímulo para el alumno (funcionamiento activo). La última de ellas, Reposo, detiene el sistema, en espera a una nueva señal por parte del usuario. (Véase anexo 8.1.1.2 para esquema eléctrico.)

A continuación se mostrarán dos esquemas globales del proceso que sigue este sistema electrónico:

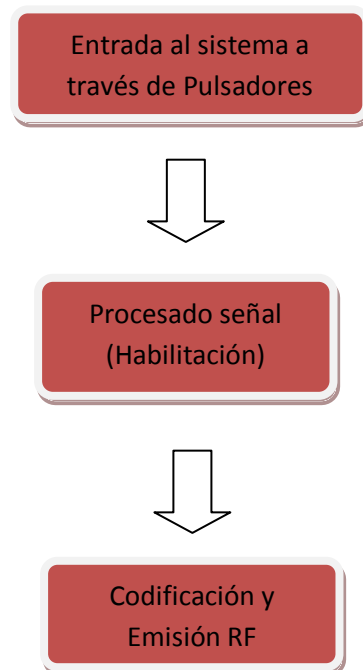


Figura 2-3 Esquema Global Proceso Electrónico de la Placa de Modo

PLACA SELECCIÓN DE MODO

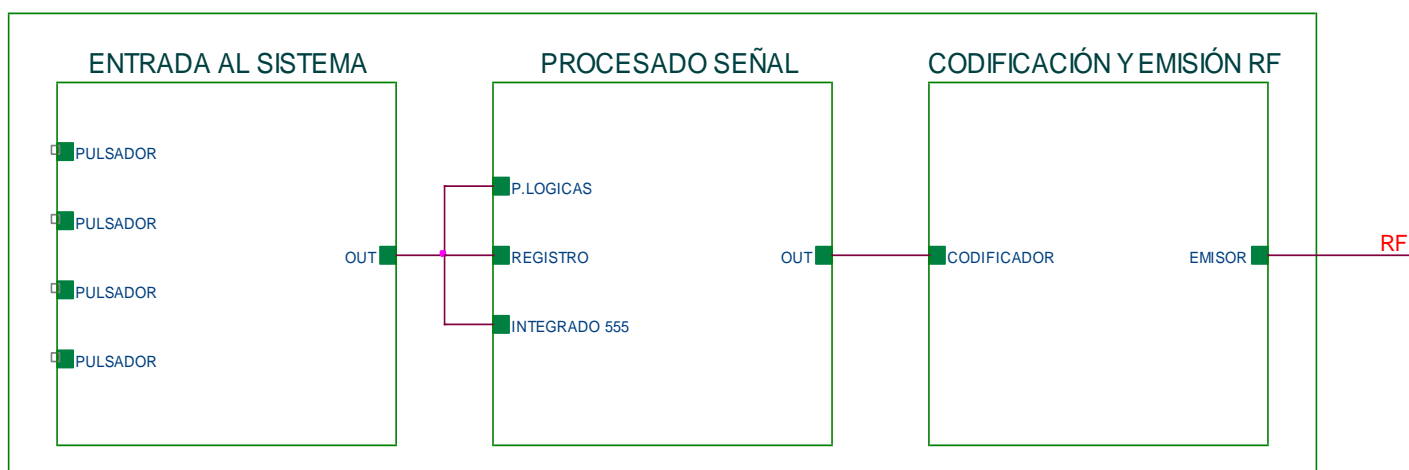


Figura 2-4 Esquema Placa de Selección de Modo diseñado

A continuación se mostrará un esquema detallado del proceso electrónico:

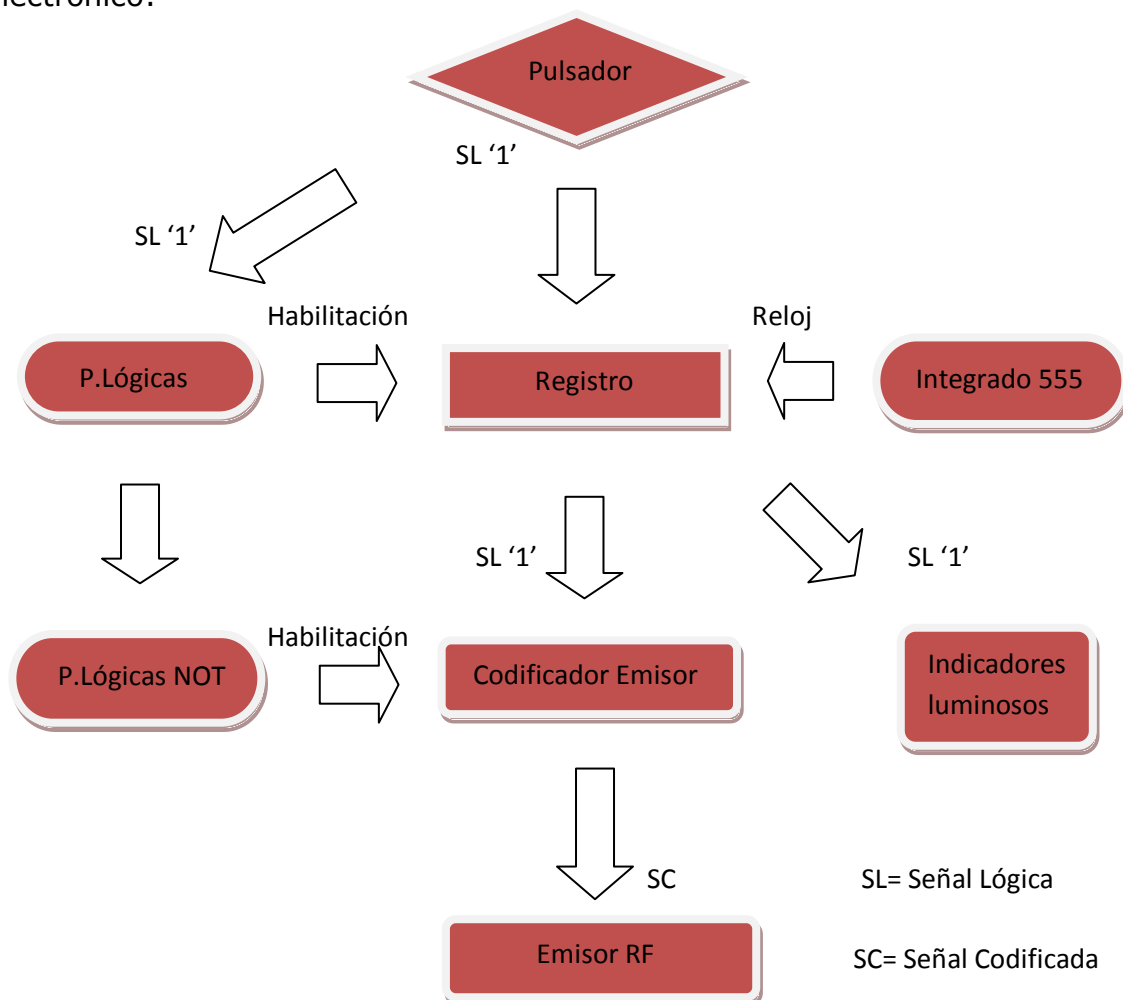


Figura 2-5 Esquema Específico del Sistema Electrónico de la Placa de Modo

Como podemos ver en la figura 2-4, el conjunto cuenta con 4 pulsadores como entradas al sistema. Dichos pulsadores se mantienen a '0' lógico cuando están en reposo y ejercen un pulso lógico '1' cuando son accionados. En este segundo caso provocan que una puerta lógica OR emita un '1' en salida habilitando de esta manera el registro que recoge los datos de los pulsadores. En reposo se mantiene constante, sin cambiar sus salidas hacia los indicadores luminosos. Cabe destacar la necesidad de un integrado 555 que actúa como reloj del registro mencionado (6).

En un siguiente nivel se encuentra el codificador del emisor. Solo se activa y emite señal lógica del registro al emisor RF cuando recibe un pulso '1' de la puerta OR, que es invertido vía una puerta NOT. La información emitida al emisor de RF es codificada con una dirección ajustable para que no interfiera con las señales de la placa de acción u otras ondas.

2.1.2. Placa Ejecución

Al igual que el conjunto anterior, este subsistema se encuentra dentro del sistema electrónico del mando y se encarga de la selección entre los distintos colores de iluminación o sonido una vez elegido el modo de operación: habilitando el color escogido o haciendo una secuencia cíclica de los mismos, etc. Véase *anexo 8.1.1.3 para esquema eléctrico*.

A continuación se mostrarán dos esquemas globales del proceso que sigue este sistema electrónico:

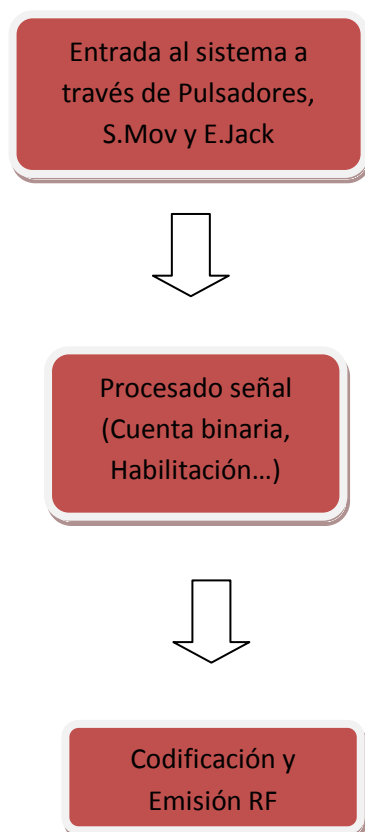


Figura 2-6 Esquema Global del Sistema Electrónico de la Placa de Ejecución

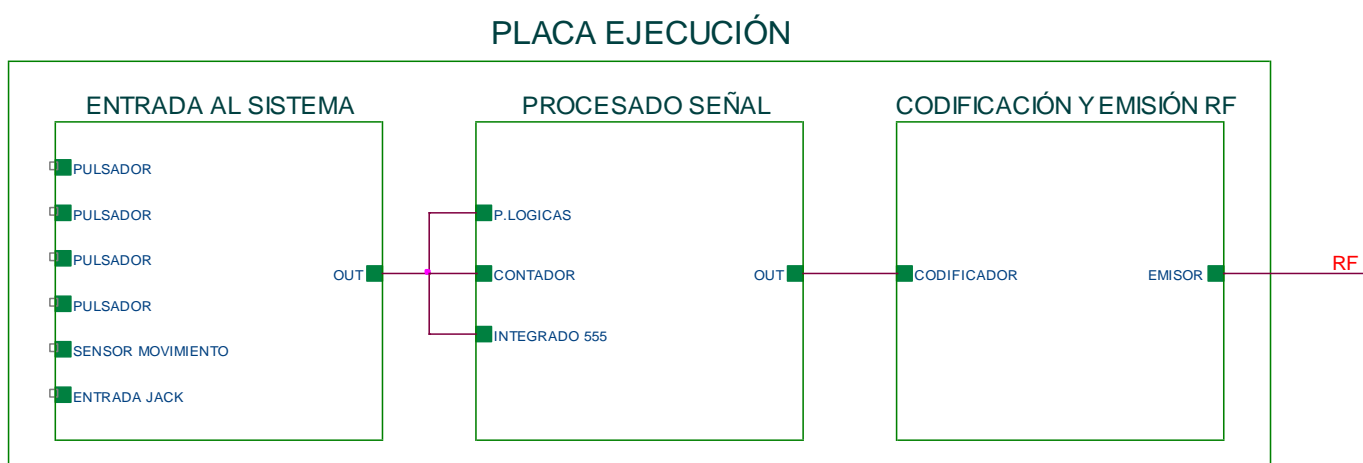


Figura 2-7 Esquema Placa Ejecución diseñado

Como podemos ver en la figura 2-7, el conjunto cuenta con distintas entradas, 4 pulsadores dispuestos en el mando, un sensor de movimiento y una entrada Jack.

A continuación se mostrará un esquema detallado del proceso electrónico:

CONTROL INTERACTIVO DE ESTÍMULOS SENSORIALES- SALA SNOELEZEN

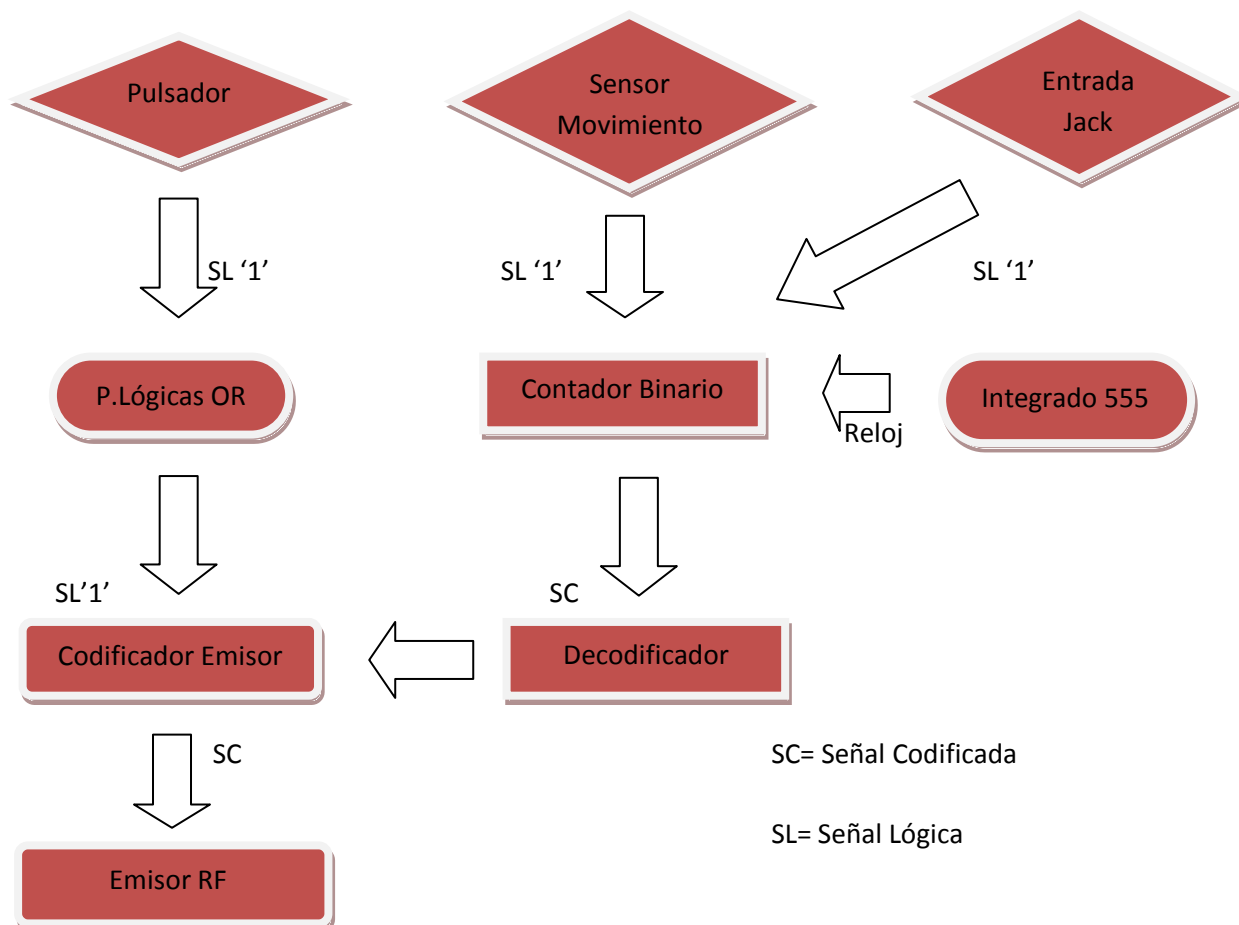


Figura 2-8 Esquema Específico de Sistema Electrónico de la Placa de Acción

El funcionamiento de esta placa se puede dividir en dos partes:

- **Pulsadores:** El funcionamiento de los 4 pulsadores es similar a los de la placa de selección. En reposo emiten un '0' y al ser accionados activan la puerta lógica OR que transmite un '1' habilitando el codificador del emisor, vía la puerta lógica NOT. De esta manera el codificador del emisor transmite los datos de los pulsadores sólo cuando son activados y los codifica con una dirección distinta a la de la placa de selección de modo.
- **Sensor de movimiento/ Entrada Jack:** Estas dos entradas se han incorporado para alumnos con mayor discapacidad que no sean capaces de accionar pulsadores con las manos basándose en el principio de Flexibilidad de un Diseño para Todos (el diseño debe poder adecuarse a un amplio rango de preferencias y habilidades individuales.)

El sensor de movimiento consta de un interruptor que lo conecta en caso de uso y lo mantiene fuera de alimentación para el resto de usuarios. Se ha dispuesto también de una entrada Jack de 3,5 mm para el uso de distintos pulsadores con los que cuenta el centro, y que están personalizados para ciertos alumnos. Todos los pulsadores, como se dijo en la introducción, terminan con un conector de este tipo.

Sea con un movimiento o con un pulso por entrada Jack, el sistema de ejecución es el mismo: al recibir dicho '1' se activa una puerta lógica OR que habilita un contador binario. En este proyecto solo será necesario una cuenta hasta 4 (0-3), es decir 2 bits. Al realizar una cuenta binaria, es necesario establecer un decodificador (2:4) que devuelva la información en 4 bits. Una vez que tenemos ya dicha información seremos capaces de enviarla al codificador emisor (7).

Por lo tanto habremos conseguido una sucesión (0-3), de colores y/o sonido según se haya elegido el modo, y que se reinicia a su término. En este caso, el integrado 555 no solo sirve de reloj al contador, sino que también sintoniza la frecuencia de sucesión.

2.1.3 Alimentación

La alimentación del mando se ha diseñado para mantener el mando en funcionamiento de forma independiente (sin conexión a la red eléctrica) proporcionando la corriente y tensión necesarias a los circuitos eléctricos. Para conseguir dicho objetivo se dispone de una batería que es capaz de mantener el mando en funcionamiento durante un total de 10 horas (véase *anexo 8.2.1*). El sistema cuenta también con un regulador LM7805 que modifica la tensión para alimentar los distintos circuitos integrados que necesitan un valor distinto de voltaje.

Para la seguridad de los circuitos se implementa un fusible que en caso de sobrecorriente inactiva todo el plano eléctrico. (Véase *anexo 8.1.1.1 para esquema eléctrico.*)

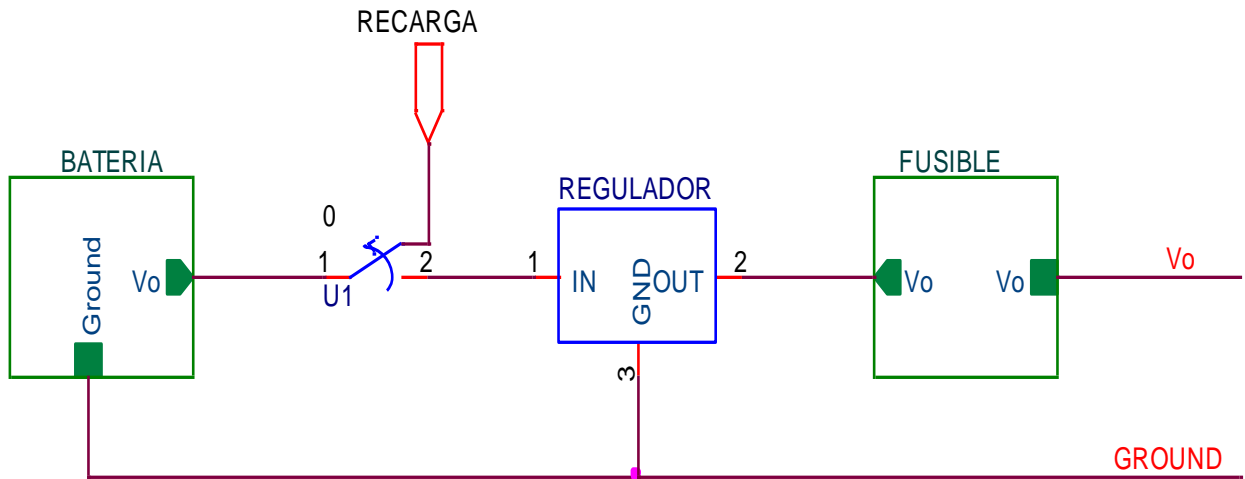


Figura 2-9 Esquema Alimentación diseñada

La recarga de la batería se efectúa a través de una entrada de Jack para montaje en chasis que es activada gracias a un conmutador que establece las funciones de ON/OFF/Recarga. En la figura 2-9 se muestran los distintos elementos nombrados.

2.2 Receptor

El bloque receptor se ha introducido en una caja de de polipropileno que almacena todo el sistema electrónico y se sujeta al techo de la habitación mediante escarpías. Se han establecido elementos de acople para las salidas de iluminación con unos grados de inclinación adecuados para su correcto funcionamiento. La alimentación del bloque electrónico es suministrada a través de la red eléctrica (véase apartado 2.2.2). Véase la figura 2-10 para mayor especificación.

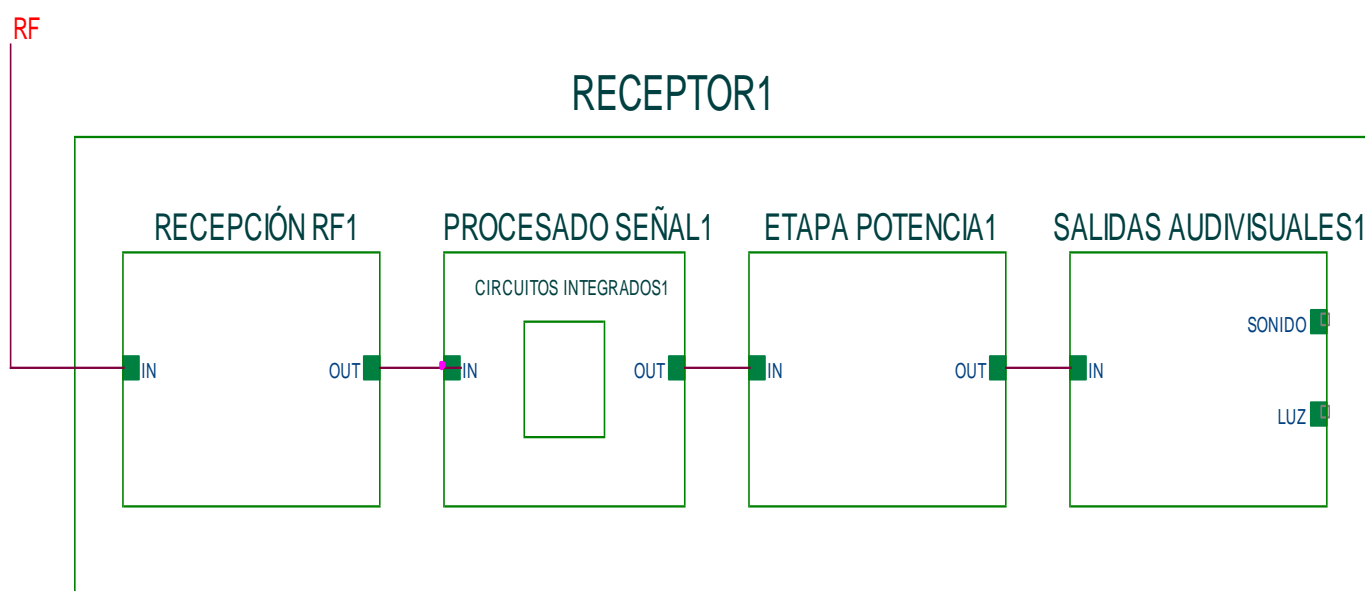


Figura 2-10 Esquema Sistema Receptor Diseñado

A continuación se detallarán cada una de las partes:

2.2.1 Sistema electrónico receptor

El sistema electrónico del receptor engloba los subsistemas de recepción, decodificación, procesado de señal y posterior etapa de potencia para controlar las salidas de audio e iluminación, y finalmente los integra formando el objetivo propuesto.

Véase anexo 8.1.2.2 para esquema eléctrico.

A continuación se mostrarán dos esquemas globales del sistema:

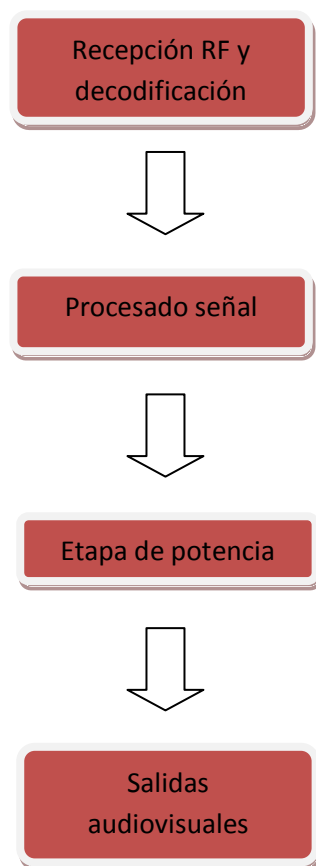


Figura 2-11 Esquema Global del Sistema Electrónico Receptor

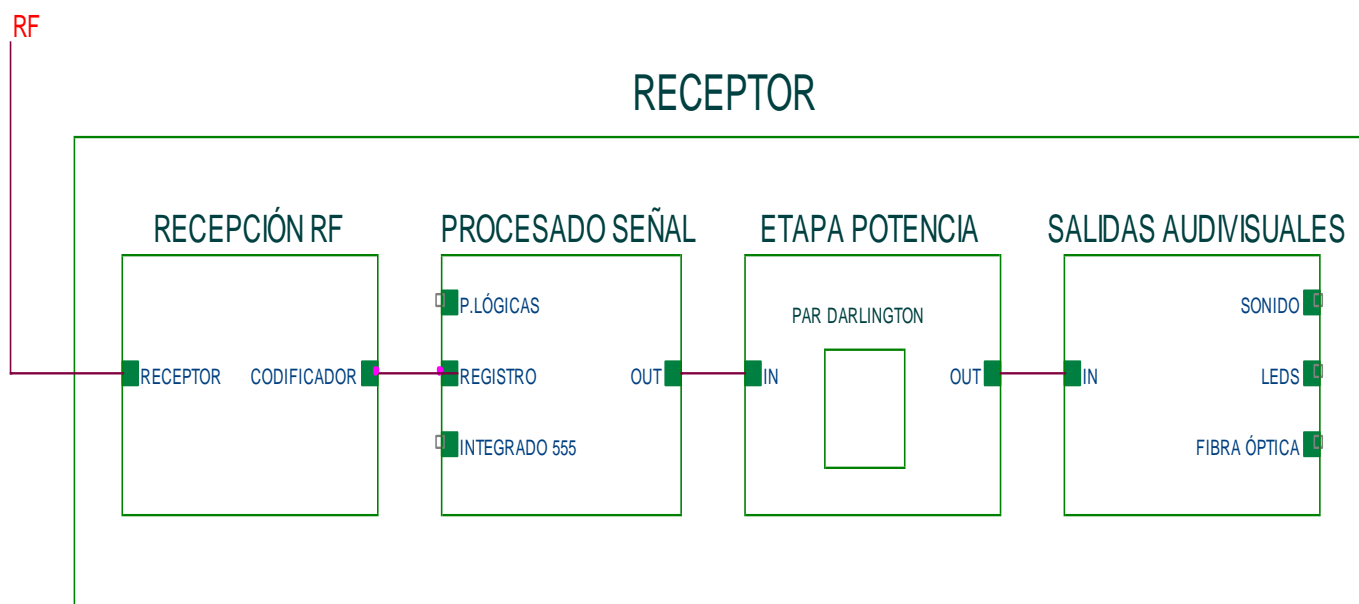
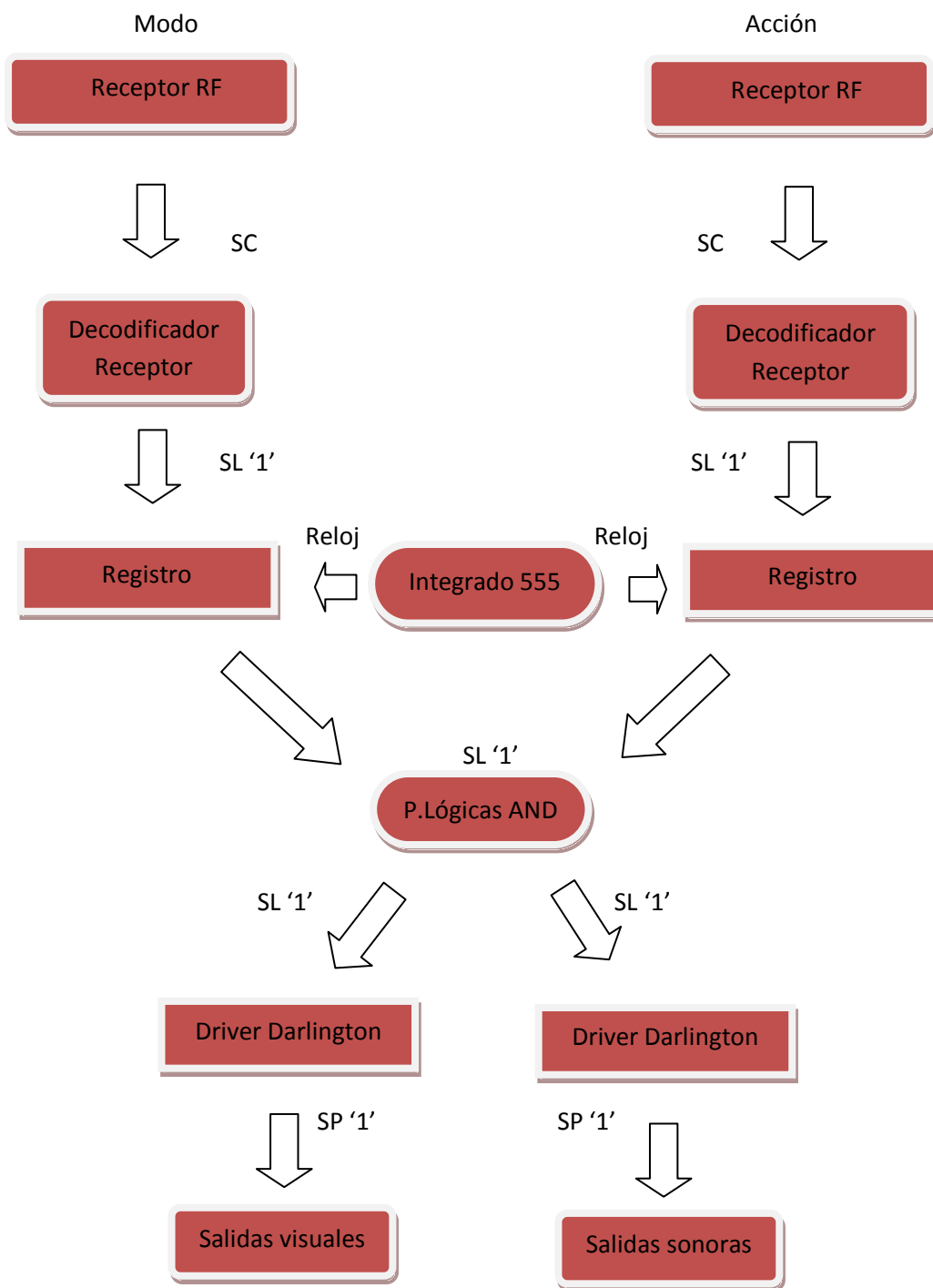


Figura 2-12 Esquema Sistema Electrónico Receptor Diseñado

A continuación se mostrará un esquema detallado del funcionamiento del sistema:

CONTROL INTERACTIVO DE ESTÍMULOS SENSORIALES- SALA SNOELEN



SP= Señal Potencia

SC=Señal Codificada

SL= Señal Lógica

Figura2-13 Esquema Específico del Sistema Electrónico Receptor

Como podemos ver en la figura 2-13 el conjunto está compuesto por las dos ramas de acción y modo con sus respectivos receptores de RF que demodulan la onda recibida y transmiten la información a los decodificadores (8). Los decodificadores tienen cada uno una dirección de recepción distinta de modo que cada uno se corresponde con uno de los dos emisores. Una vez comprobada la dirección, se emite la información en sus patillas de salida. Dicha información queda guardada en los registros que, como en el caso del mando, poseen un integrado 555 como entrada de reloj y una puerta OR de habilitación.

El objetivo fundamental de este sistema es la integración de las dos partes: modo y ejecución. Esta unión se realiza con puertas lógicas AND que reciben la información de los registros. Al tener una opción en '1' y un color/sonido igualmente en '1', la puerta AND correspondiente (solo 1 de 8) emitiría un valor positivo en salida que activaría, dependiendo de la elección, el sistema de iluminación y/o sonido. Tanto el sistema de iluminación como el de sonido han necesitado no obstante, un driver de potencia compuesto por pares Darlington que suministran hasta 0,5 A, estando controlados por las señales anteriores.

2.2.2 Alimentación

La alimentación del bloque receptor era necesaria conectarla a la red eléctrica del centro ya que requiere una potencia considerable debido a los leds a la iluminación y los integrados de sonido. Se ha dispuesto de una fuente de alimentación ECP-15, que suministra hasta 15 W de potencia. Véase anexo 8.1.2.1 para esquema eléctrico.

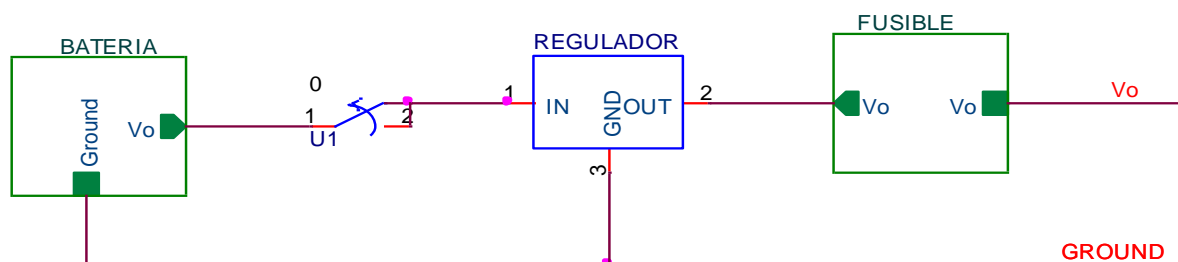


Figura 2-14 Esquema Alimentación Diseñada

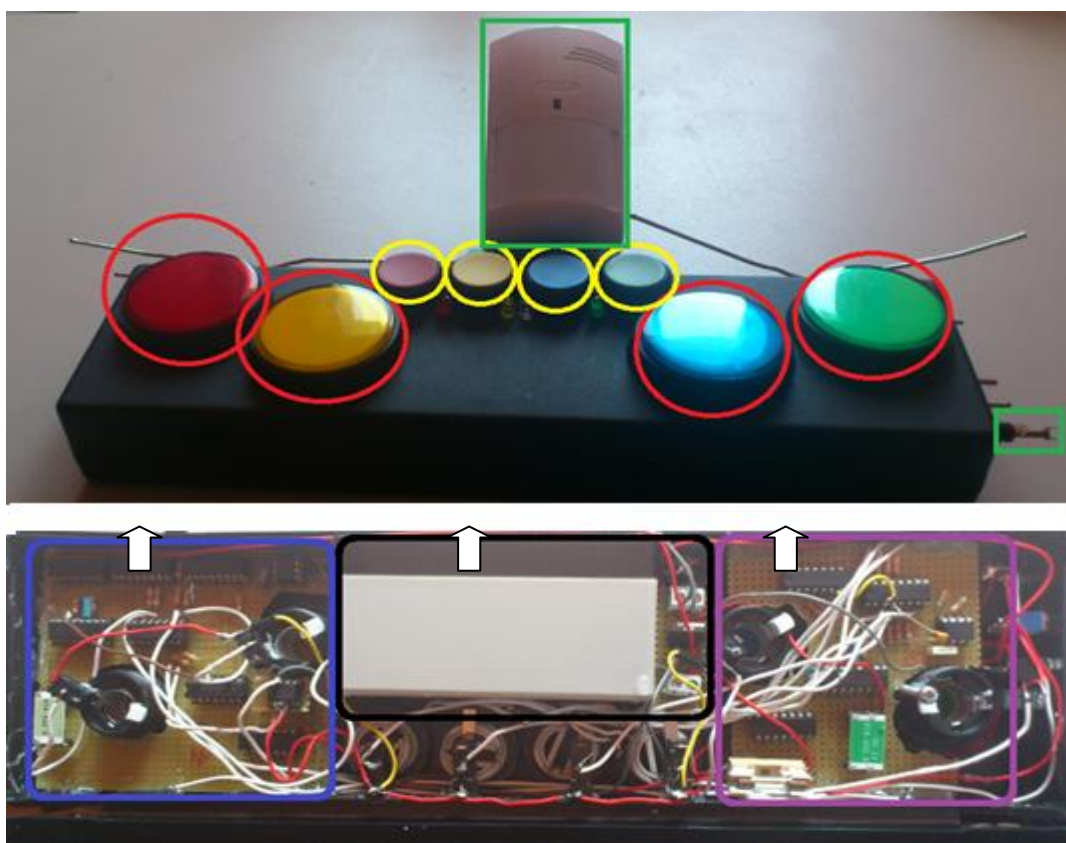
Se ha incluido un fusible para la seguridad de los circuitos que en caso de sobrecorriente inactiva todo el plano eléctrico. Véase figura 2-14.

Capítulo 3 - Elementos del sistema

3.1 Estructura electrónica

3.1.1 Mando

El aspecto físico del mando se muestra en la Figura 3-1, exteriormente (arriba) e interiormente (abajo). Nótese que el interior se muestra en espejo frente al exterior.



- Círculo Rojo: Pulsadores acción
- Círculo Amarillo: Pulsadores modo
- Cuadrado Verde: S.Mov y entrada Jack
- Cuadrado Azul: Placa acción
- Cuadrado Morado: Placa modo
- Cuadrado Negro: Alimentación

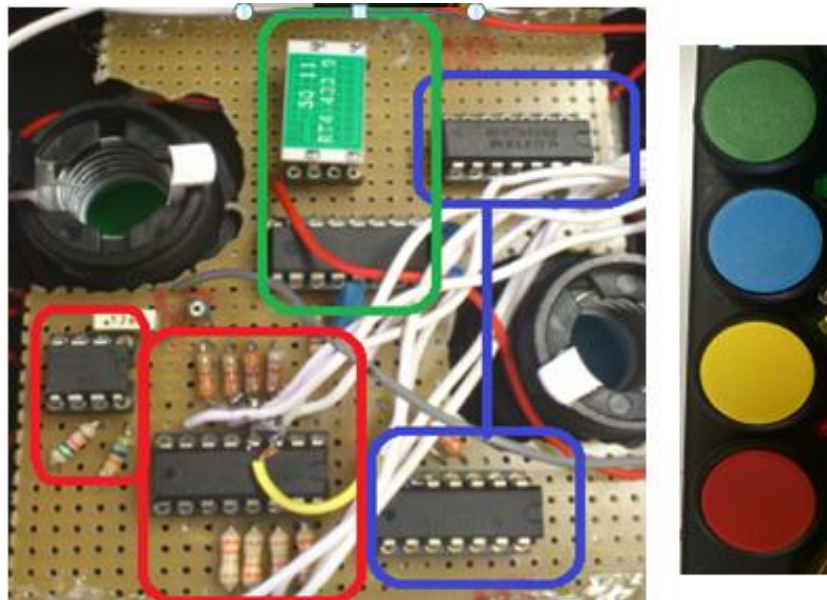
Figura 3-1 Mando diseñado para RF. Especificación de cada bloque

3.1.1.1 Placa selección modo

Esta parte del sistema es la encargada de la elección entre las salidas audiovisuales. El sistema cuenta con un conjunto de elementos:

- Pulsadores de modo MP1-10X
- Registro SN74LS194 A
- Integrado LM555
- Puerta lógica OR CD4072 B
- Puerta lógica NOT CD74HCT04
- Codificador MC145026
- Emisor RF AM-RT4-433

En la figuras 3-1 y 3-2 se pueden ver situados cada uno de los distintos elementos:



- Cuadrado Rojo: Entrada al sistema
- Cuadrado Azul: Procesado de la señal
- Cuadrado Verde: Codificación y Emisión RF

Figura 3-2 Placa Selección de Modo por Bloques

Donde:

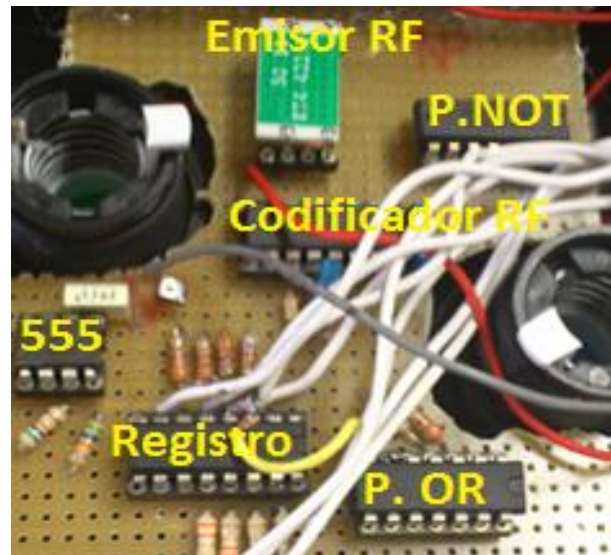
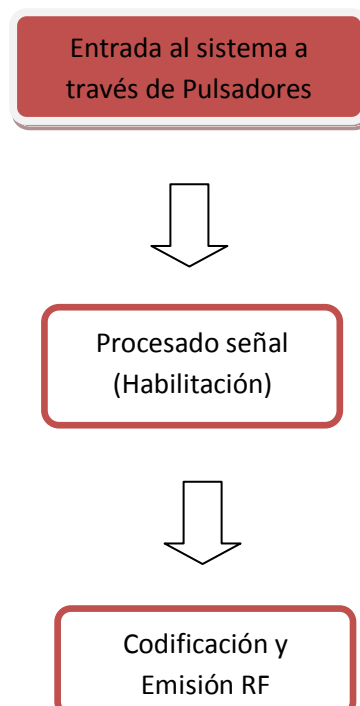


Figura 3-3 Placa Selección de Modo por Elementos

A continuación se especificará cada uno de los elementos del primer bloque:

3.1.1.1.1 Entrada al sistema a través se pulsadores



Pulsador de modo MP1-10X

Para el proyecto se han establecido 4 pulsadores MP1-10X para la selección del modo de utilización, los colores son: rojo, verde, azul y amarillo. Como se puede observar en la figura 3-4 se trata de pulsadores redondos de 25 mm de diámetro. Los terminales de los pulsadores están conectados entre tensión V_{CC} y la entrada de un registro, que almacena los valores en el dominio del tiempo.



Figura 3-4 Pulsadores de Modo MP1-10X

Registro SN74LS194 A

Se ha elegido el registro SN74LS194 debido a su rápida velocidad de conmutación y su bajo consumo, pero sobre todo, a que es capaz de transferir 4 bits en paralelo por cada pulso de reloj, siempre que esté habilitado. En caso de estar deshabilitado mantiene los datos anteriores.

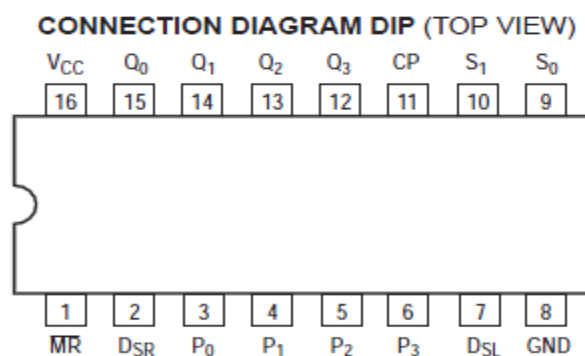


Figura 3-5 Diagrama de Pines Registro SN74LS194 A [13]

Como podemos observar en la figura 3-5, se trata de un integrado de 16 pines. Contiene 4 pines de entrada (P_n) así como sus 4 correspondientes salidas (Q_n). Además posee 2 pines de selección de alineación a izquierda o derecha (D_{SL} - D_{SR}) y otros 2 de modo (S_1 - S_2) que determinan el modo de la transmisión (serie-serie, serie-paralelo, paralelo-serie, paralelo-paralelo). Por último, el integrado cuenta con una entrada de reloj que determina la frecuencia de conmutación.

Para este determinado proyecto se han obviado los pines D_{SL} - D_{SR} , debido a que al mantener un modo paralelo-paralelo son superfluos. Los pines S_1 - S_2 se han conectado con la misma puerta lógica OR que, al emitir un '1' en salida, habilita la transición en el registro cuando coincide con un pulso de reloj. Sin embargo, al recibir un '0' se mantiene en estado Hold, lo que nos interesa para mantener la selección pulsada. Los pines de entrada (P_n) están conectados a los pulsadores de modo encargados la interface usuario-máquina.

Integrado LM555

Se ha utilizado un integrado LM555 debido a la necesidad de una señal de reloj. El fácil uso de este elemento y su estudio en la Universidad ha sido clave para su elección. Es compatible con tecnología TTL y tiene distintos modos de utilización (monoestable y astable) y diversas aplicaciones.

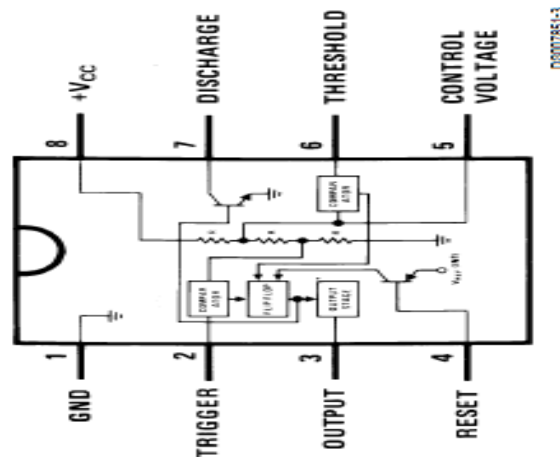


Figura 3-6 Diagrama de Pines Integrado LM555 [14]

Como se puede observar en la figura 3-6 se trata de un integrado de 8 pines. El integrado se ha utilizado en modo astable. Para realizar el oscilador de onda cuadrada se ha colocado dos resistencias iguales, R_5 y R_6 (de valor R) y un condensador C_1 . R_6 se ha introducido entre los pines 8-7 y R_5 entre los pines 7-6. Posteriormente se ha introducido el condensador entre el pin 2 y tierra y por último se ha conectado directamente el pin 6 con el 2. De esta forma obtenemos un oscilador de onda rectangular, la cual tiene un periodo ON (se carga a través de $C_1(R_5 + R_6)$) diverso del OFF (se carga a través de C_1R_5). Para evitar este fenómeno se ha establecido un diodo que cortocircuita R_6 en el primer caso y de esta forma iguala los subperiodos. Véase figura 3-7.

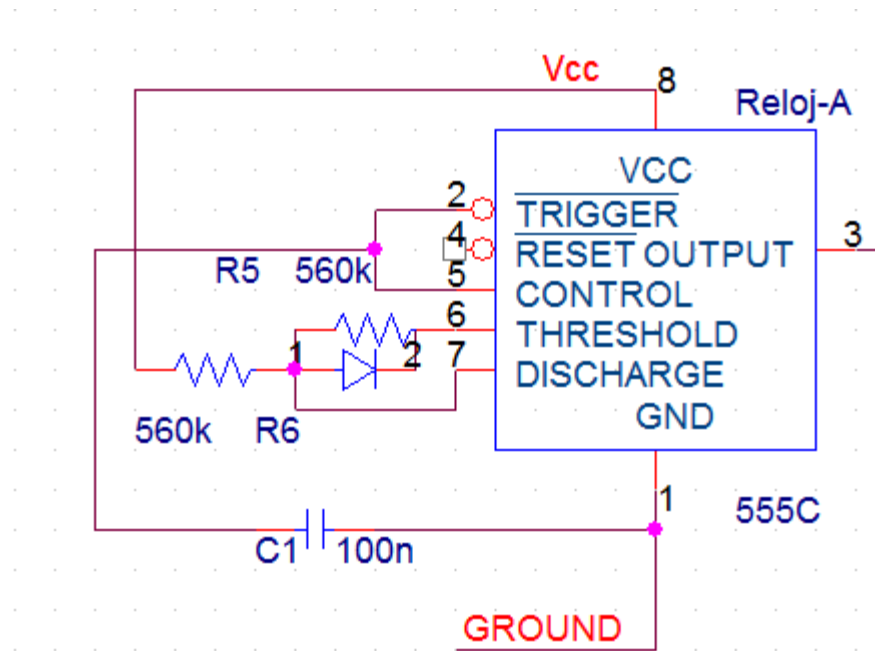


Figura 3-7 Esquemático Integrado 555

La salida se obtiene el pin 3 (output) y va directamente como señal de reloj al registro en este caso.

La frecuencia de oscilación es:

$$f_{osc} = \frac{1}{2RC1 \ln 2}$$

En este caso tenemos:

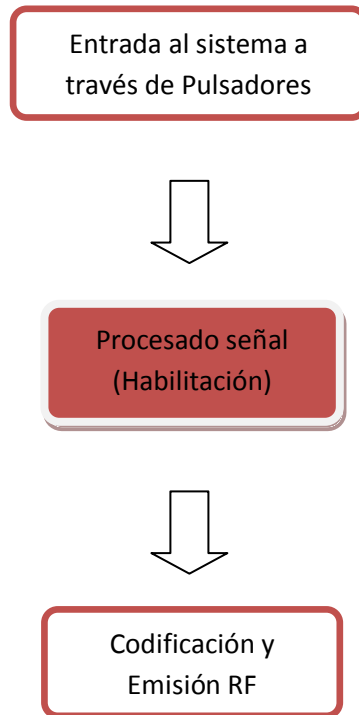
$$R = 220 \text{ K}\Omega$$

$$C1 = 100 \text{ nF}$$

$$f_{osc} = 32 \text{ Hz}$$

3.1.1.1.2 Procesado señal (Habilitación)

A continuación se especificarán cada uno de los elementos del segundo bloque (*véase anexo 8.1.1.2 para esquema eléctrico*):



Puerta lógica OR CD4072 B

Se ha optado por la puerta lógica CD4072 principalmente debido a que está diseñado con transistores CMOS que tienen un consumo mínimo. Además, este integrado tiene un alto rango de alimentación y proporciona una corriente en salida suficiente para las necesidades del proyecto. En cuanto a la velocidad de transmisión se puede decir que el retardo ocasionado por el integrado es mínimo para las velocidades requeridas.

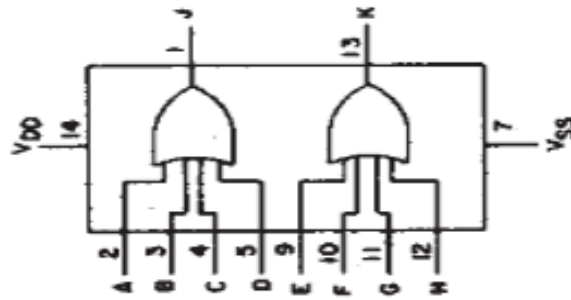


Figura 3-8 Diagrama de Pines P. OR CD4072 B [15]

Como se puede observar en la figura 3-8, se trata de un integrado de 16 pines. Consta de 2 puertas lógicas cuádruples, es decir, 2 puertas OR con 4 entradas cada una.

En este proyecto las puertas OR se han utilizado como habilitación, enlazando las entradas al sistema (pulsadores, sensor de movimiento o entrada Jack) a los distintos dispositivos que varían su funcionamiento con dichas entradas. En este apartado en especial, la puerta OR habilita el registro y el codificador emisor.

Puerta lógica NOT CD74HCT04

Se ha elegido la puerta lógica NOT CD74HCT04 debido a que presenta un menor consumo respecto a la tecnología LSTTL y cuenta con los ya mencionados anteriormente, transistores CMOS. Posee además inmunidad al ruido y actúa como buffer inversor ofreciendo en salida una corriente constante y suficiente. En cuanto a la velocidad de transmisión, es totalmente apta para las necesidades requeridas.



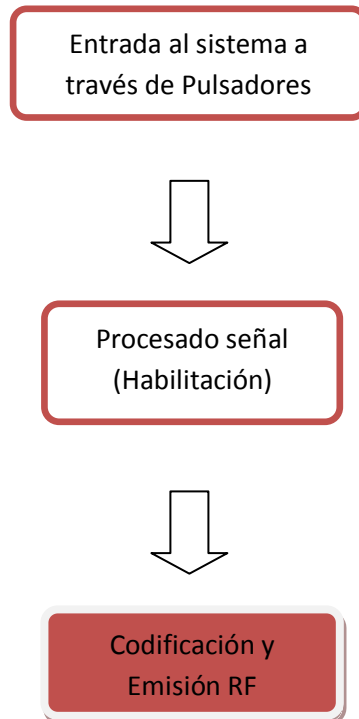
Figura 3-9 Diagrama de Pines de la P.NOT CD74HCT04 [16]

La figura 3-9 nos muestra este integrado el cual contiene 14 pines. Se trata de un conjunto de 6 puertas NOT que invierten la tensión en los pines de entrada.

En este proyecto las puertas NOT han servido como nexo entre las puertas OR y los elementos que necesitaban un habilitación de pulso bajo, '0'. Estos elementos son los codificadores y decodificadores, tanto los destinados a transmisión como el destinado al contador binario.

3.1.1.1.3 Codificación y recepción RF

A continuación se especificará cada uno de los elementos del tercer bloque:



Codificador MC145026

Como se ha podido ver en el capítulo 2, se ha elegido un sistema de transmisión digital debido a las ya indicadas ventajas. Específicamente se ha optado por el codificador MC145026 debido a que presenta una gran compatibilidad con distintas tecnologías de transmisión tales como: RF, Ultrasonidos, o moduladores/demoduladores de infrarrojo. No obstante, la principal razón de su elección es la posibilidad de selección de la frecuencia de codificación, a través de un oscilador externo, y la disposición de una dirección ajustable.

El codificador transmite 9 bits de información serie, 4 son bits de datos y 5 son de dirección. La dirección puede ser binaria (32 posibilidades) o ternaria (243 posibilidades). Los datos son enviados dos veces para mayor seguridad. Solo si son recibidos consecutivamente y son iguales, se transmite la información en el decodificador. La información es transmitida solo cuando es

habilitada, para ello existe un pin que se activa a nivel bajo. Por lo tanto el sistema no consume potencia en estado de reposo, manteniendo sus osciladores apagados.

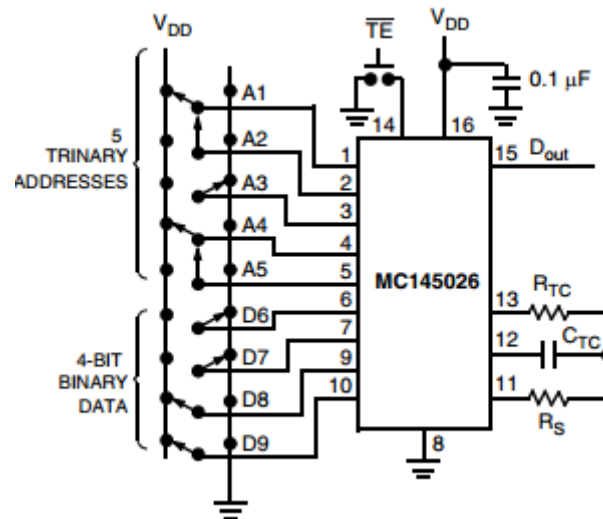


Figura 3-10 Diagrama de Pines Codificador MC145026 [17]

Como se puede observar en la figura 3-10, se trata de un integrado de 16 pines. Los pines (A_n) son de dirección, pudiéndolos alimentar a '0' y '1' en caso binario o '0', '1' y sin conexión en caso ternario. Los pines (D_n) son los correspondientes a los datos de información. El oscilador externo destinado a la programación de la frecuencia de codificación es colocado en los pines (R_{TC} , C_{TC} y R_S) teniendo que ser el valor de R_S dos veces mayor que el de R_{TC} para que la corriente pueda considerarse insignificante para el oscilador. Existe la condición de que R_{TC} sea mayor de $10k\Omega$ para evitar imprecisiones. C_{TC} tiene un efecto capacitativo de:

$$C_{TC} = C_{TC} + C_{layout} + 12 \text{ pF} \quad \text{con} \quad C_{layout} = f(\text{frecuencia}).$$

En este proyecto se ha elegido una configuración binaria debido a que solo se necesitan dos direcciones. La dirección para este codificador es (10000) correspondientemente. Siguiendo las condiciones previas, se han tomado los siguientes valores para el oscilador:

$$R_{TC}=56K\Omega$$

$$C_{TC}=4,7nF$$

$$R_S= 100k\Omega$$

Por lo tanto:

$$f_{osc} = \frac{1}{2,3R_{TC}C_{TC}} = 1645 \text{ Hz}$$

Emisor RF AM-RT4-433

Una vez establecido el codificador, se optó por este emisor debido a su perfecta compatibilidad con CMOS y TLL y posee un alcance de transmisión de hasta 50 m, suficientes para las necesidades requeridas. Cuenta también con una operación de frecuencia muy estable y con un rango de alimentación muy amplio.

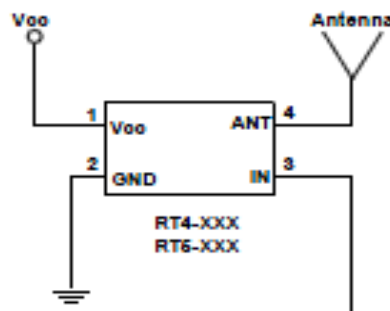


Figura 3-11 Diagrama de Pines Emisor RF AM-RT4-433 [18]

Como se puede ver en la figura 3-11, se trata de un sistema integrado con solo 4 pines, alimentación, recepción de datos serie y antena. El emisor se encarga de modular la onda introduciendo la información codificada a 1645 Hz en una portadora de 433 MHz.

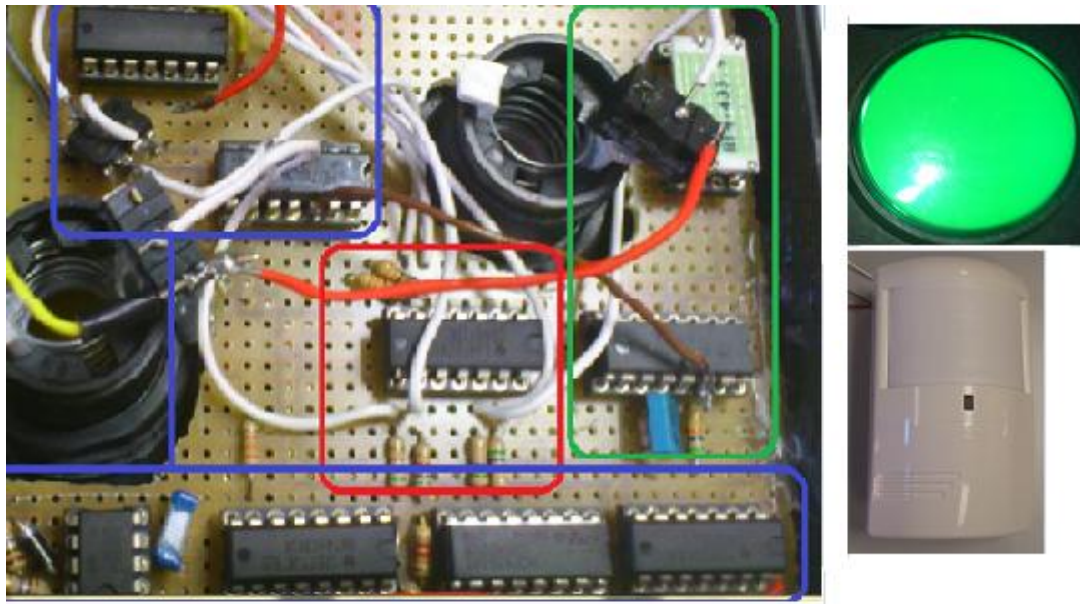
En nuestro proyecto hemos elegido el RT4-433 MHz porque, como hemos explicado previamente, es una frecuencia útil y que no proporciona problemas añadidos de licencia para su uso. Se ha añadido una antena para lograr una mejor emisión ya que el integrado se encuentra en el interior de la caja de plástico, lo que dificulta la transmisión de datos.

3.1.1.2 Placa ejecución

Este conjunto es el encargado de elegir entre las distintas opciones (color o sonido) una vez seleccionado un tipo de salida audiovisual. El conjunto cuenta con los siguientes bloques:

- Pulsadores de selección EV-02
- Sensor de movimiento V40Q
- Entrada Jack 3,5 mm
- Integrado LM555
- Contador binario SN54HC161
- Decodificador CD4555 B
- Puerta lógica ORCD4072 B
- Puerta lógica NOTCD74HCT04
- Codificador RF MC145026
- Emisor RF AM-RT4-433

En la figura 3-12 y 3-13 se verán situados cada uno de los distintos elementos:



- Cuadrado Rojo: Entrada al sistema
- Cuadrado Azul: Procesado de la señal
- Cuadrado Verde: Codificación y Emisión RF

Figura 3-12 Placa de Ejecución por Bloques

Donde:

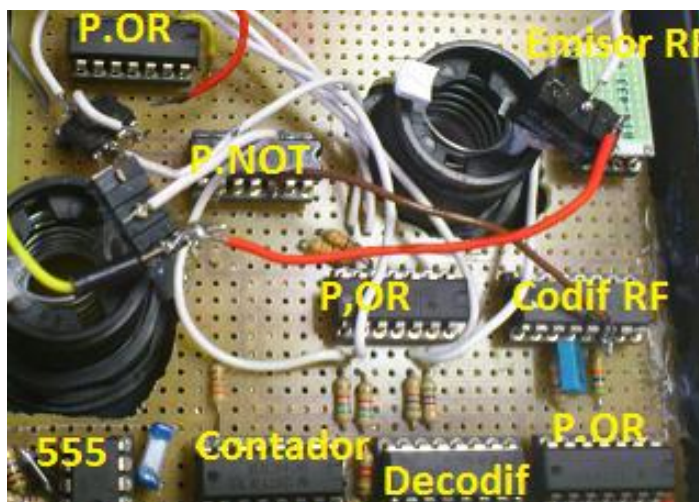
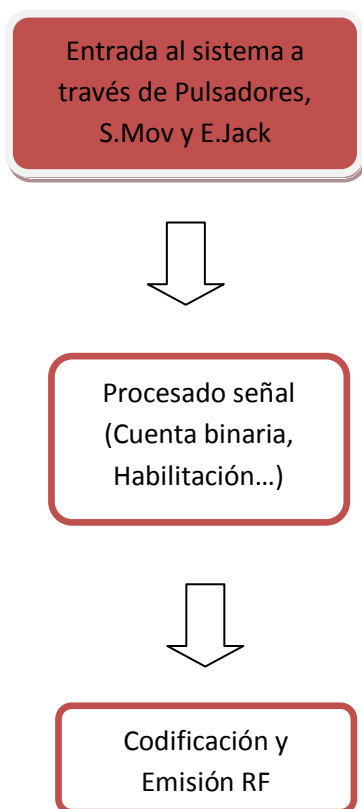


Figura 3-13 Placa de Acción por Elementos

A continuación se especificará cada uno de los elementos del primer bloque:

3.1.1.2.1 Entrada al sistema a través de pulsadores, S.Mov y E.Jack



Pulsador de selección EV-02

Se han utilizado 4 pulsadores EV-02 como entrada de ejecución, los colores son: rojo, verde, azul y amarillo. Como se puede observar en la figura 3-14 se trata de pulsadores redondos de 60mm de diámetro. Basándose en el principio de Dimensiones apropiadas de un Diseño para Todos (los tamaños y espacios deben ser apropiados para el alcance, manipulación y uso por parte del usuario, independientemente de su tamaño, posición, y movilidad), era necesario un gran tamaño de pulsador para aportar mayor facilidad a los alumnos dados sus problemas motrices.

Los terminales de los pulsadores están conectados entre tensión V_{CC} y la entrada de una puerta lógica OR, que habilita la emisión de datos.



Figura 3-14 Pulsador de Selección EV-02

Sensor de movimiento V40Q

Se ha optado por un sensor de movimiento V40Q debido a su económico precio frente a las características que ofrece. Dichas características son:

- ❖ Baja tensión de alimentación. Este hecho es muy importante ya que va instalado en el mando, el cual no debe requerir grandes tensiones de alimentación (el sensor necesita 9V min).

- ❖ Sensibilidad de movimiento alta (hasta 12m) que permite detectar mínimos movimientos de cabeza u hombro a 1m. Este factor es fundamental debido a que tratamos con alumnos de muy baja capacidad motora.
- ❖ Señal de alarma al ser activado.
- ❖ Baja corriente consumida.

Véase su colocación en la figura 3-15:



Figura 3-15 Sensor de Movimiento V40 Q

Este elemento es muy importante para el proyecto debido a que habilita el sistema para un gran número de alumnos que poseen capacidad reducida de movimiento y no son capaces de accionar pulsadores. Dicho elemento cuenta con una lente capaz de detectar un cambio de posición en el dominio del tiempo, ofreciendo un '1' en una salida habilitada como alarma. Gracias a esta señal, el sistema electrónico general es capaz de saber cuándo se ha producido el movimiento y lo transmite como entrada digital.

Debido a que puede dificultar el funcionamiento normal si está siempre conectado, se ha introducido un conmutador ente la alimentación y el mismo. Este conmutador se ha colocado en un lateral del mando y solo es activado cuando se requiera. El conmutador utilizado es de 1 circuito-2 posiciones y soporta una corriente de 1 A. Véase la figura 3-16.



- Elipse Amarilla: Conmutador del S.Movimiento
- Elipse Roja: Entrada Jack

Figura 3-16 Conmutador y entrada Jack

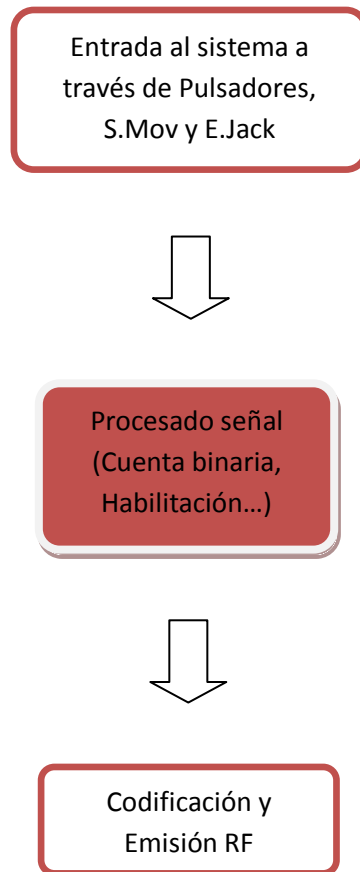
Entrada Jack 3,5mm

Se ha introducido una entrada Jack al mando a petición del colegio debido a que en el centro disponen de numerosos pulsadores adaptados especialmente a los alumnos. Por lo tanto esta entrada ofrece una gran flexibilidad de uso y amplia el rango de alumnos capaces de utilizarlo.

Como se puede observar en la figura 3-16, se ha dispuesto la entrada en el lateral del mando para que no dificulte su normal funcionamiento. En la ilustración se puede ver un macho Jack introducido en la entrada como ejemplo de un posible pulsador del centro.

3.1.1.2.2 Procesado señal (Cuenta binaria, habilitación...)

A continuación se especificará cada uno de los elementos del segundo bloque:



Contador binario SN74HC161

Se ha elegido el contador binario SN74HC161 debido a que ofrece unas características perfectas para el proyecto. Está compuesto por flip-flops dispuesto en cascada y perfectamente coordinados por un *carry look-ahead* ofreciendo una sincronización idónea en los cambios de estado. El tiempo de respuesta es rápido y no consume potencia fuera de su habilitación.

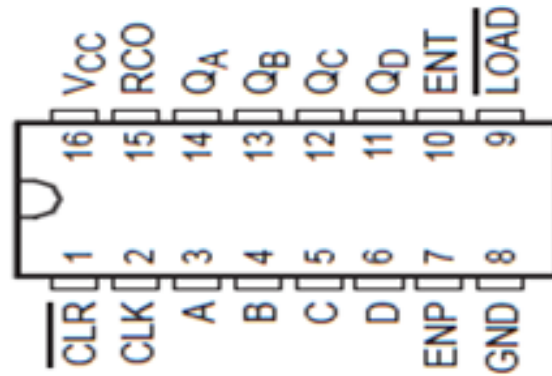


Figura 3-17 Diagrama de Pines Contador SN74HC161 [19]

Como se puede apreciar en la figura 3-17, se trata de un integrado de 16 pines. El contador dispone de 4 bits que corresponden a las salidas (Q_x) que llevan la cuenta entre los valores (0-15) en binario. A la par de estos, hay otros 4 bits (A-D) que sirven de pre-escala para el inicio de cuenta. Existe un pin (RCO) que devuelve un '1' a final de cuenta así como un reset (CLR) y un pin de carga (LOAD) que se activan a nivel bajo, '0'. Finalmente, cabe destacar los pines (ENP, ENT) sirven de habilitación para la funciones de cuenta, LOAD o RCO.

En este proyecto solo ha hecho falta la utilización de 2 pines de salida (Q_A , Q_B) debido a que solo hace es necesario una cuenta hasta 4 (0-3). Se han elegido estos pines especialmente ya que son los menos significativos (LSB) y aunque la cuenta llegue a 15, para ellos simplemente es una repetición de la sucesión (0-3). Por último, ha sido fundamental la utilización de los pines (ENP, ENT) para la habilitación con su correspondiente cuenta y *HOLD* en reposo. Estos pines reciben un pulso '1' de las puertas OR que reciben información de las entradas principales del sistema (pulsadores, S.movimiento, entrada Jack).

Integrado 555

Véase el apartado 3.1.1.1.1 para la explicación de las características técnicas.

En este caso, el integrado 555 nuevamente sirve como reloj del sistema contador binario. No obstante, dado el sistema diseñado, tiene como atribución la elección de la frecuencia de sucesión entre sonidos y/o colores de iluminación. Se ha optado por una frecuencia muy baja para que el sistema no cambie demasiado rápidamente y produzca molestia a los usuarios.

$$f_{osc} = \frac{1}{2RC \ln 2} = 1Hz$$

Para ello se han tomado lo siguientes valores:

R= 10 MΩ

C= 150 nF

Decodificar CD4555 B

Se ha utilizado el decodificador HEF4555 B debido a su facilidad de uso y su bajo consumo de potencia. Está compuesto por transistores CMOS que mantienen un óptimo nivel de corriente y solo consumen en caso de uso.

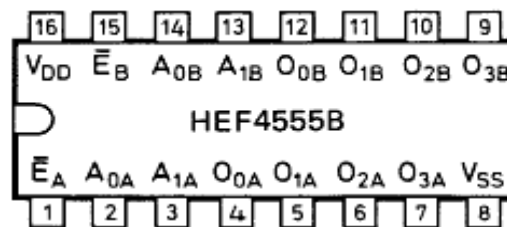


Figura 3-18 Diagrama de Pines Decodificador CD4555 B [20]

Como se puede apreciar en la figura 3-18, se trata de un integrado de 16 pines que posee un doble decodificador de 2 entradas y 4 salidas (2:4). Los pines de entrada (A_x) reciben una

señal lógica codificada y es transmitida hasta las salidas (O_x) donde aparece descodificada. El integrado posee un pin (E_x) que procede a habilitar el sistema en caso de nivel bajo, '0'.

En este proyecto el decodificador ha sido fundamental para lograr adaptar la salida del contador binario al codificador emisor. Se ha coordinado perfectamente con las habilitaciones dadas al contador (provenientes de las puertas lógicas OR) vía las puertas lógicas NOT.

Puerta lógica OR CD4072 B

Véase el apartado 3.1.1.1.2 para la explicación de las características técnicas.

Nuevamente en esta parte del sistema electrónico las puertas OR sirven de nexo entre las entradas al sistema y las habilitaciones al contador, decodificador y codificador emisor.

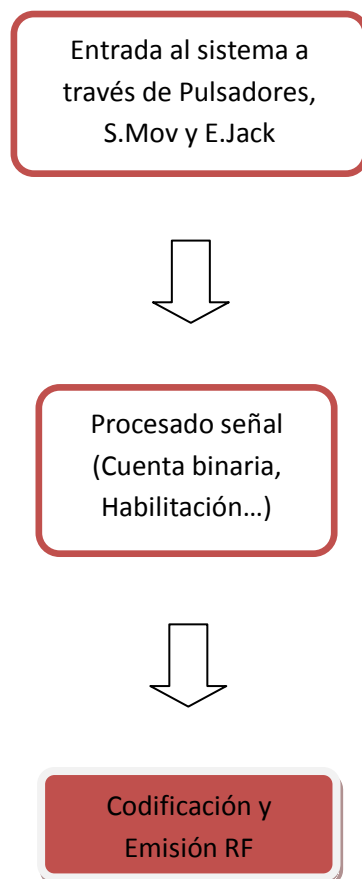
Puerta lógica NOT CD74HCT04

Véase el apartado 3.1.1.1.2 para la explicación de las características técnicas.

Las puertas lógicas NOT en esta parte del sistema electrónico sirven para adaptar la salida de las puertas lógicas OR tanto para el decodificador como para el codificador emisor, ya que se necesitan habilitaciones a nivel bajo, '0'.

3.1.1.2.3 Codificación y emisión RF

A continuación se especificará cada uno de los elementos del tercer bloque:



Codificador emisor MC145026

Véase el apartado 3.1.1.1.3 para la explicación de las características técnicas.

El codificador emisor en la placa de ejecución mantiene la misma frecuencia de codificación solo cambiando la dirección de los datos enviados. En el anterior caso se codificó (10000), por lo tanto este codificador se ha codificado (11000) de manera que no interfiera con el otro y sea capaz de emitir de manera idónea y sin error.

Emisor RF AM-RT4-433

Véase el apartado 3.1.1.1.3 para la explicación de las características técnicas.

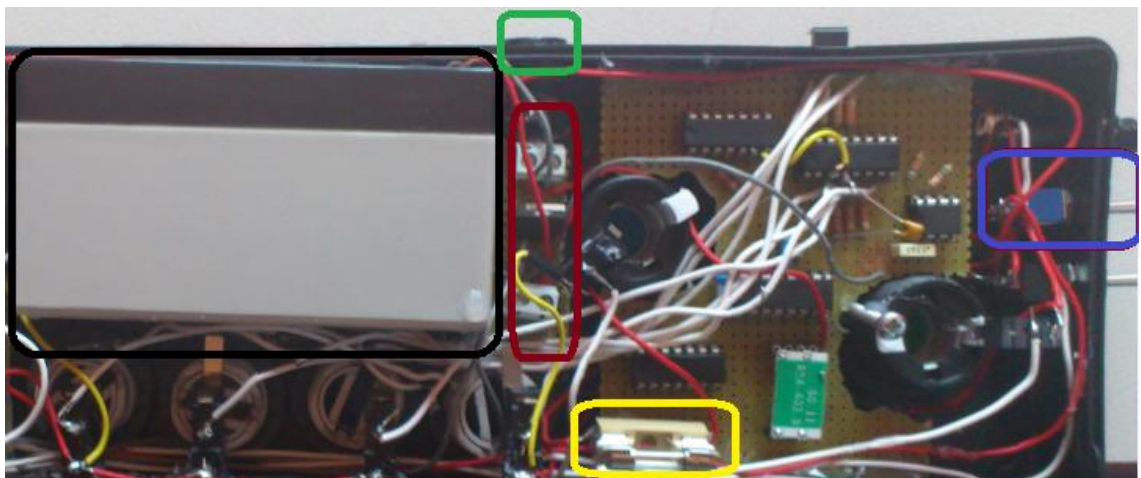
El emisor, al igual que en la placa de selección de modo, consta de 4 pines. Recibe la señal codificada del MC145026 y la modula a 433 MHz enviándola a su receptor a través de una antena.

3.1.1.3 Alimentación

La alimentación del mando es la encargada de suministrar la potencia eléctrica en todo momento a los sistemas electrónicos de las placas de acción y elección de modo (véase figura 2-19).

Posee los siguientes elementos:

- Batería de ácido de plomo 537-5444
- Regulador LM7805
- Fusible de 125 mA
- Conmutador 1circuito-3 posiciones
- Fuente de alimentación D35-12.0-0250
- Entrada Jack para montaje en chasis



- - Cuadrado Negro: Batería
- - Cuadrado Rojo: Regulador 5V
- - Cuadrado Verde: Entrada Jack para recarga
- - Cuadrado Azul: Conmutador
- - Cuadrado Amarillo: Fusible

Figura 3-19 Alimentación por Bloques

A continuación se van a detallar cada uno de los elementos:

Batería de ácido de plomo 537-5444

La batería sirve como alimentación única a los circuitos electrónicos del mando. Se ha elegido una batería ácido de plomo porque son recargables y disponen de una elevada capacidad. Especialmente se ha optado por esta debido a los requisitos necesarios (12V, 1,2 Ah). Se necesitaba una tensión de 12V debido al sensor de movimiento, que necesita dicha tensión para detectar adecuadamente los cambios de movimiento (véase figura 3-20). La corriente se ha calculado de la siguiente manera (*Véase anexo 2.2.1 para cálculos*):

$I_T = 90 \text{ mA}$ llegando a picos de hasta 105 mA.

Por lo tanto tendremos una independencia eléctrica teórica de:

$$h = \frac{1,2Ah}{90mA} = 14 \text{ h}$$



Figura 3-20 Batería de Ácido de Plomo 537-5444

Regulador LM7805

Se ha introducido un regulador LM7805 dado que la mayoría de los integrados necesitan una tensión de alimentación de 5V. Debido a que la batería genera 12 V, ha sido necesaria la implementación de este regulador LM7805 (véase figura 3-21) que recibe una tensión en entrada de (5-18 V) y emite en salida 5V_{DC}. En cuanto a la corriente

emitida, su valor nominal está alrededor de 1 A llegando a 2,2 A en picos de corriente.

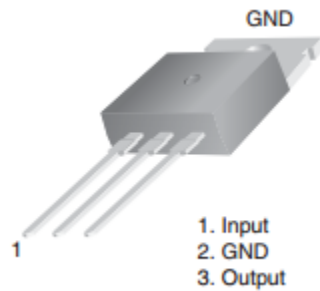


Figura 3-21 Diagrama de Pines Regulador LM7805 [21]

Fusible de 125 mA

Se ha introducido un fusible de 125 mA como protección de los dos circuitos electrónicos del mando en caso de cortocircuito o sobrecarga. (Véase figura 3-22)



Figura 3-22 Fusible 125 mA

Conmutador 1circuito-3posiciones

Este conmutador sirve de selección entre ON/OFF/Carga del mando, (véase figura 3-23). Se ha elegido un conmutador que soporta una corriente de 1 A, suficiente para este proyecto. En estado ON proporciona alimentación desde la batería a los circuitos electrónicos. En estado OFF abre el circuito y permanece en reposo. Por último, en estado de carga conecta la batería con la entrada Jack que proviene de la fuente de alimentación.



Figura 3-23 Conmutador 1 Circuito- 3 Posiciones

Fuente de alimentación D35-12-0250

La fuente de alimentación tiene que ser compatible con la batería elegida. Por lo tanto se ha elegido el modelo D35-12-0250 que suministra los requisitos necesarios y es económica. (Véase figura 3-24).



Figura 3-24 Fuente de Alimentación D35-12-0250

Entrada Jack 6,35 mm

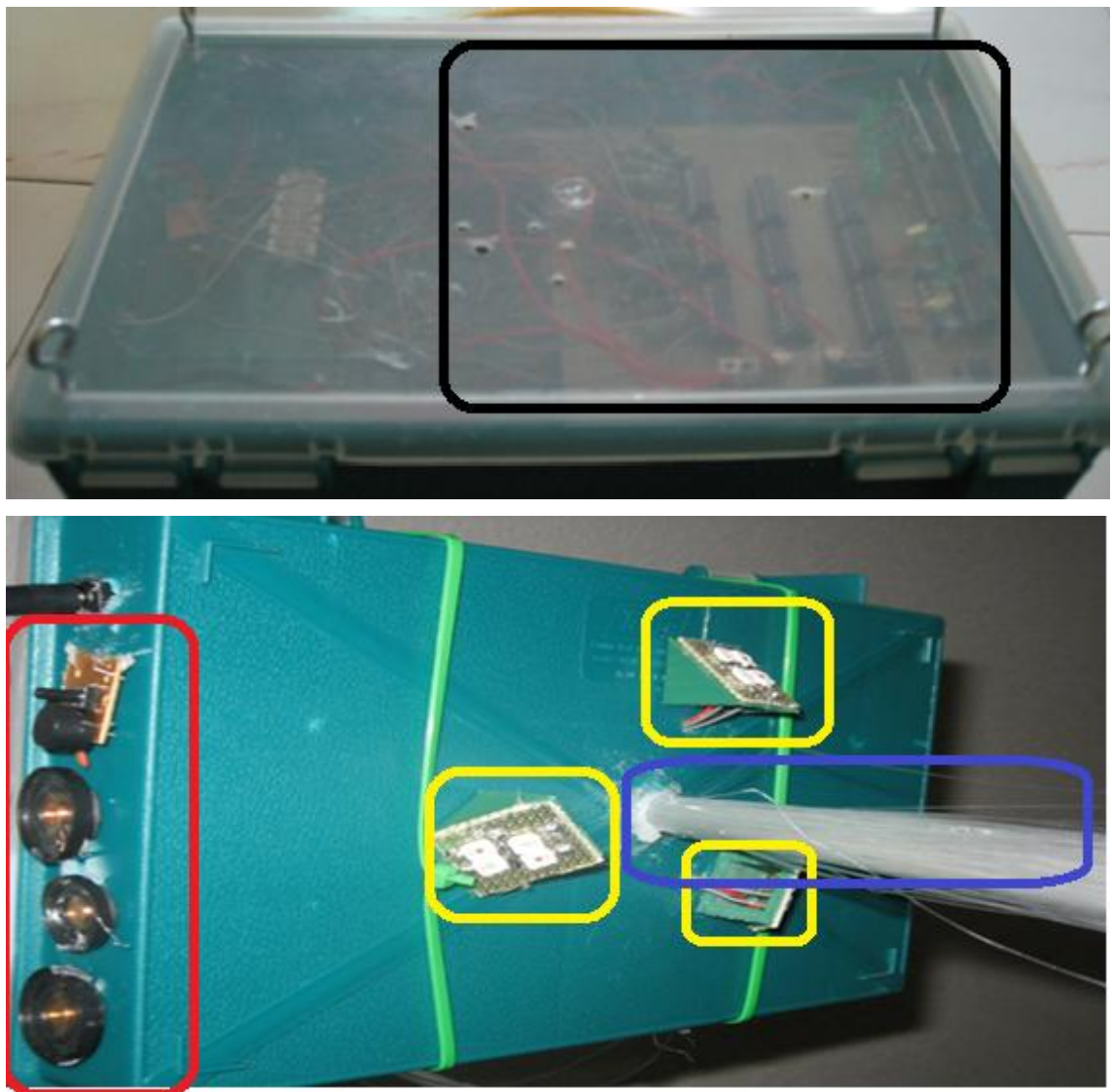
Para la conexión entre la fuente de alimentación y la batería se ha debido introducir una entrada Jack que sirve de nexo entre ambas. Tiene unas dimensiones 6,35 mm de diámetro. (Véase figura 3-25).



Figura 3-25 Entrada Jack 6,35 mm

3.1.2 Receptor

En la Figura 3-26 se muestran la caja del sistema receptor, tanto su parte superior como la inferior.



- Cuadrado Negro: Placa electrónica receptor
- Cuadrado Rojo: Salida sonido
- Cuadrado Azul: Salida luz fibra óptica
- Cuadrado Amarillo: Salida luz leds

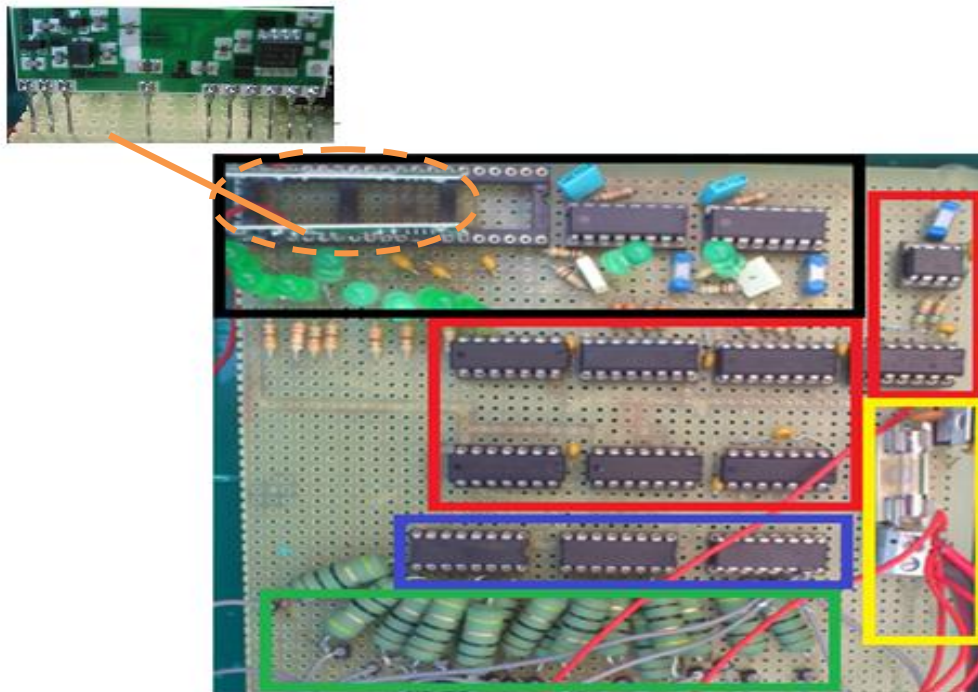
Figura 3-26 Conjunto Receptor por Bloques

3.1.2.1 Sistema Electrónico Receptor

El sistema electrónico receptor es el encargado de recibir las emisiones por RF del mando emisor por separado e integrar los dos módulos (modo y acción) de tal forma que se activen las distintas salidas audiovisuales del sistema. Este sistema cuenta con los siguientes elementos:

- Integrado 555
- Registro SN74LS194 A
- Puerta lógica OR CD4072 B
- Puerta lógica CD74HCT08
- Receptor RFAM-HRR_N-433
- Decodificador receptor MC145027
- Driver Darlington ULN 2004A
- Led de potencia LX W5AM
- Hilo de fibra óptica 0,5 mm²
- Integrado de sonido

En las figuras 3-27 y 3-28 se verán situados cada uno de los distintos elementos:



- Cuadrado Negro: Recepción y decodificación RF
- Cuadrado Rojo: Procesado señal
- Cuadrado Verde: Salidas audiovisuales
- Cuadrado Azul: Etapa potencia
- Cuadrado Amarillo: Alimentación

Figura 3-27 Placa Receptor por Bloques

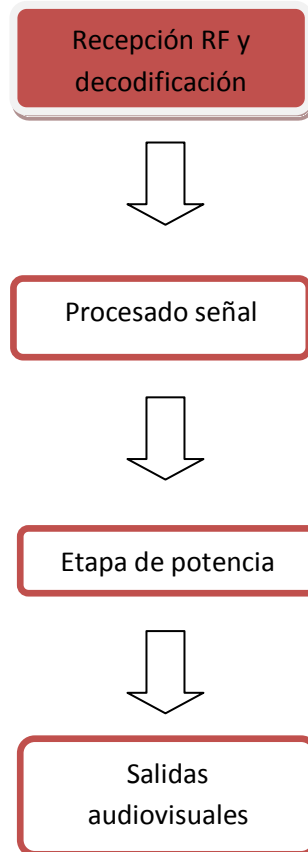
Donde:



Figura 3-28 Placa Receptor por Elementos

A continuación se expondrán detalladamente los elementos del primer bloque:

3.1.2.1.1 Recepción RF y decodificación



Receptor RF AM-HRR_N-433

Para el receptor de RF se necesitaba principalmente que fuera compatible con el emisor de RF elegido. Se ha elegido el modelo AM-HRR_N-433 debido a que es el perfecto módulo para la combinación con el emisor RT4-433 y es capaz de recibir hasta 50 m de distancia. Además contiene tecnología CMOS que consume poca potencia en uso.

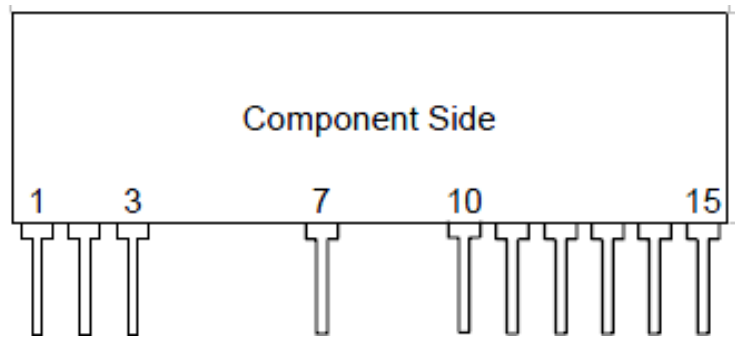


Figura 3-29 Diagrama de Pines Receptor RF AM-HRR_N-433 [22]

Como se puede apreciar en la figura 3-29 se trata de un elemento con numerosas patillas que están conectadas a VCC (1, 10, 12, 15) o tierra (2, 7, 11). La patilla número 3 sirve como receptor de los datos y se le puede colocar una antena mientras que la 14 es la emisora de datos que se comunica con el decodificador receptor. El receptor se encarga de demodular la onda de 433MHz y obtener la información inicial a la frecuencia de codificación impuesta por los codificadores emisores. Una vez demodulada la envía en forma serie al receptor como se ha expresado anteriormente.

En este proyecto contamos con dos receptores iguales que se corresponden con los dos emisores (ejecución y modo).

Decodificador receptor MC145027

El decodificador elegido es el MC145027 que se corresponde con el codificador MC145026. Se ha elegido este modelo por las mismas razones que el codificador, posee una gran compatibilidad con distintas tecnologías de emisión, ofrece la posibilidad de la selección de la frecuencia de decodificación y una dirección de datos ajustable. Presenta también un bajo consumo debido a que está diseñado con transistores CMOS. El decodificador recibe la información dos veces consecutivas por seguridad, de forma serie desde el receptor RF.

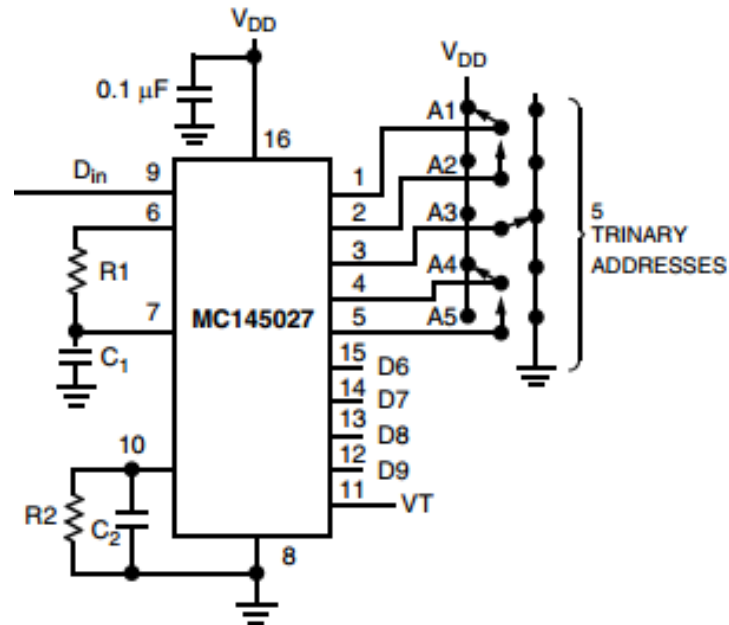


Figura 3-30 Diagrama de Pines Decodificador MC145027 [23]

Como se puede apreciar en la figura 3-30 el decodificador dispone de 5 bits de dirección (A_x) y 4 de datos (D_x) que se corresponden con los del codificador. No obstante esta vez existen dos osciladores. El primer oscilador es el que contiene la pareja R_1C_1 que se encarga de acordar el ancho de pulso de cada bit enviado. El segundo oscilador, con R_2C_2 , se encargará de detectar el final de la palabra. Por lo tanto se deben establecer las siguientes condiciones:

$$f_{osc} = \frac{1}{2,3R_{TC}C_{CT}} = 1645 \text{ Hz}$$

$$R_1C_1 = 3,95 R_{TC}C_{TC}$$

$$R_2C_2 = 77 R_{TC}C_{TC}$$

Por consiguiente obtenemos unos valores de:

$$R_1 = 47K\Omega$$

$$C_1 = 22 \text{ nF}$$

$$R_2 = 200K\Omega$$

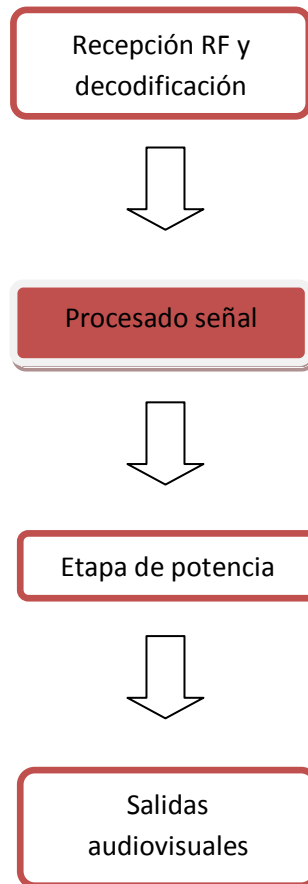
$$C_2 = 100\text{nF}$$

$$f_{osc1} = 416 \text{ Hz}$$

$$f_{osc2} = 21 \text{ Hz}$$

3.1.2.1.2 Procesado señal

A continuación se expondrán detalladamente los elementos del segundo bloque:



Integrado 555

Véase el apartado 3.1.1.1.1 para la explicación de las características técnicas.

En este caso, el integrado 555 nuevamente sirve como reloj de los registros. Se ha optado por una frecuencia normal para que el sistema cambie con la suficiente velocidad para que en un golpe de pulsador se produzca la transición perfectamente.

$$f_{osc} = \frac{1}{3RC \ln 2} = 1Hz$$

Para ello se han tomado los siguientes valores:

$$R = 560 \text{ K}\Omega$$

$$C = 100 \text{ nF}$$

$$f_{\text{osc}} = 26 \text{ Hz}$$

Registro SN74LS194 A

Véase el apartado 3.1.1.1.1 para la explicación de las características técnicas.

En este apartado del sistema electrónico el registro sirve para guardar los datos emitidos por el receptor cuando se realiza una transmisión emisor-receptor por RF. Igualmente solo cambia su estado cuando llega una nueva tanda de Inputs del receptor, lo que a través de la puerta OR habilita el registro con un pulso '1'. Tiene especial importancia en este caso el estado de reposo *HOLD*, que mantiene los valores previos constantes en salida, porque es el origen de las salidas audiovisuales. Las salidas pertinentes necesitan mantener un estado constante activo para iluminación o sonido.

Puerta lógica OR CD4072 B

Véase el apartado 3.1.1.1.2 para la explicación de las características técnicas.

En esta parte del sistema electrónico las puertas OR sirven de habilitación a los registros. Reciben un pulso de los decodificadores del receptor y generan un '1' en salida, que se envía a los pines correspondientes del registro.

Puerta lógica AND CD74HCT08

Se ha elegido la puerta lógica AND 74HCT08 debido a que cuenta con los ya mencionados anteriormente, transistores CMOS que presentan un menor consumo frente a otras tecnologías. Posee además compatibilidad con LSTTL y es capaz de ofrecer en salida una corriente constante y suficiente para las salidas sonoras. En cuanto a la velocidad de transmisión, es totalmente apto para las necesidades requeridas.

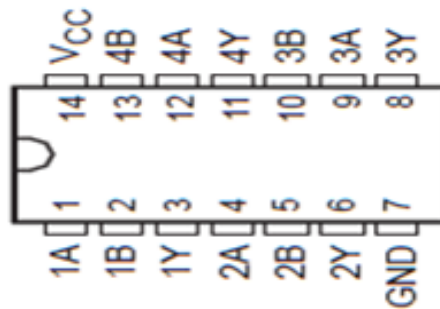


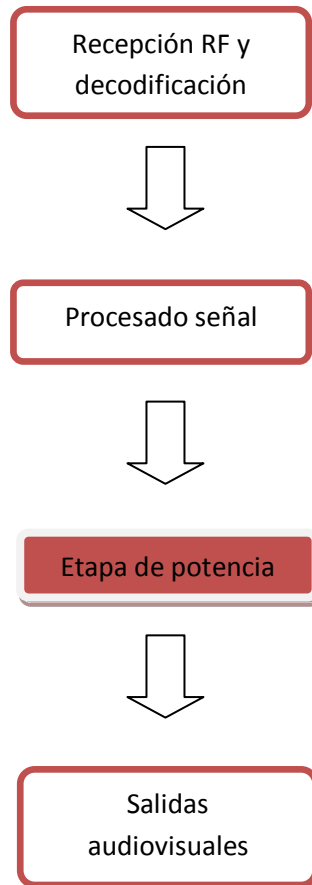
Figura 3-31 Diagrama de Pines P.AND CD74HCT08 [24]

Como se puede observar en la figura 3-31 se trata de un integrado de 14 pines que está compuesto por 4 puertas lógicas AND de 2 entradas (A, B) cada una.

En el proyecto las puertas AND han sido necesarias para la unión de las dos ramas (modo y ejecución) y son las encargadas de seleccionar la salida correcta. Cada elemento de cada una de las dos ramas se enlaza con todos los elementos de la rama opuesta, generando así una red de 8 puertas AND que corresponden con las 8 salidas del sistema (4 colores, 4 sonidos). Las salidas de las puertas AND tienen que pasar por un driver de potencia para suministrar la corriente que requieren las salidas audiovisuales, como se verá en el siguiente apartado.

3.1.2.1.3 Etapa potencia

A continuación se expondrán detalladamente los elementos del tercer bloque:



Driver Darlington ULN 2004A

Se ha necesitado la implementación de un driver de potencia para este proyecto debido a que las puertas lógicas AND no eran capaces de suministrar la corriente suficiente para los leds de potencia y los integrados de sonido (9). Se ha elegido como driver un par Darlington debido a que es de conexión sencilla y ofrece unas prestaciones perfectas: 500 mA en salida con una entrada de 5 V (proveniente de la puerta AND), por un precio muy económico. El modelo utilizado es el ULN 2004A como se puede ver a continuación:

Como se puede observar en la figura 3-32, se trata de un integrado de 16 pines compuesto por un array de 7 pares Darlington independientes.

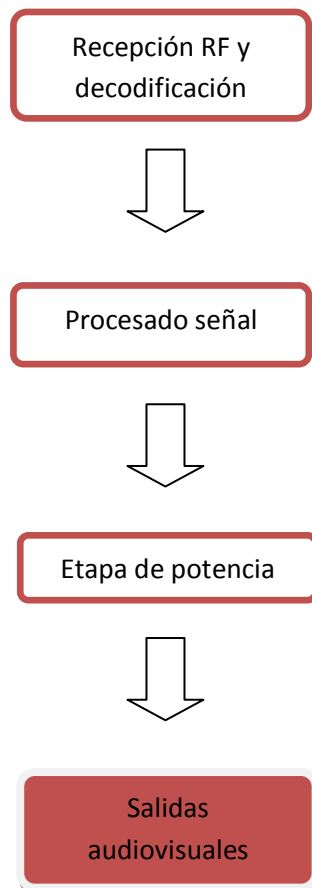


Figura 3-32 Diagrama de Pines Driver Darlington ULN 2004 A [25]

En este proyecto se ha introducido un par Darlington por cada salida de iluminación y sonido. La salida es conectada entre V_{cc} y el par Darlington vía una resistencia. La resistencia se ha calculado en función de la tensión que consume y la corriente que tiene que pasar por ella (véase *anexo 8.2.2 para los cálculos*).

3.1.2.1.4 Salidas audiovisuales

A continuación se expondrán detalladamente los elementos del cuarto bloque:



Led de potencia LX W5AM

Se han elegido los leds LX W5AM debido a que ofrecen una potencia lumínica considerable (60-80 lúmenes) para la iluminación de una habitación y sus longitudes de onda emitidas varían entre los 400-600 nm en función del color. El consumo de cada led asciende a 400mA y un consumo de tensión nominal entre (2,7-3,2) V, ideal para los valores del proyecto. Poseen un ángulo de visión de 170° y una eficiencia alta.



Figura 3-33 Led de Potencia LX W5AM

Para este proyecto se han utilizado 16 leds de 4 colores diferentes (azul, verde, amarillo, rojo). 12 de los 16 leds (3 de cada color) están destinados a la iluminación de la estancia, mientras que 4 (1 de cada color) están destinados a la iluminación de la fibra óptica. Véase figura 3-33.

Hilo de fibra óptica 0,5mm²

Se ha obtenido hilo de fibra óptica de 0,5 mm² de polimetacrilato ideal para iluminación, (véase figura 3-34). Es de tipo multimodo y posee una apertura numérica de 0,5 (seno del ángulo de apertura). El hilo tiene un grosor grande para su mayor visualización (10), (11). La fibra óptica será acoplada en la caja receptora y caerá en modo cortina luminosa. El ángulo de iluminación es 30° (véase *anexo 8.2.3 donde se detallan los cálculos de acoplamiento de la iluminación a la fibra*).



Figura 3-34 Fibra Óptica 0,5 mm²

Integrado de sonido

Los integrados de sonido se han obtenido de juguetes reciclados que contenían sonido incluido en ellos. Se ha extraído el sistema sonoro y se ha acoplado al proyecto. Para dicho acople ha sido necesario modificar ligeramente las conexiones del integrado. Inicialmente el integrado llevaba acoplado un pulsador que activaba el integrado de sonido cuando se accionaba. Dicho pulsador se ha cortocircuitado para hacerlo inservible y se ha conectado la entrada de alimentación a la etapa de potencia que genera la corriente necesaria para su funcionamiento.

De este modo, el sistema sonoro queda acoplado y solo se activará cuando recibe una señal de la puerta AND correspondiente, a través de las señales enviadas del mando radiocontrol.

Los altavoces se han instalado en un lateral de la caja del receptor para producir un mayor sonido. (Véase figura 3-35).



Figura 3-35 Integrado de Sonido

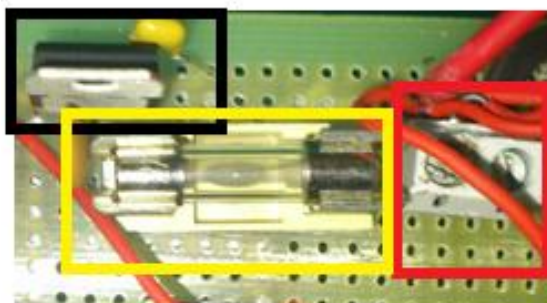
3.1.2.2 Alimentación

La alimentación del receptor es la encargada de suministrar la potencia eléctrica en todo momento a los sistemas electrónicos.

Posee los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación ECP-15
- Regulador LM7805
- Fusible de 2 A

En la figura 3-36 se verá situados cada uno de los distintos elementos:



- Cuadrado Negro: Regulador LM7805
- Cuadrado Amarillo: Fusible
- Cuadrado Rojo: Alimentación

Figura 3-36 Alimentación Receptor por Bloques

A continuación se detallarán específicamente cada uno de los elementos:

Fuente de alimentación ECP-15

Se ha elegido la fuente ECP-15 debido a que ofrece 15 W a 7,5V y 2 A. Estos valores son determinados por el conjunto Leds-Darlington- $R_{potencia}$ (véase cálculos en el anexo 8.2.1). La fuente de alimentación cuenta además con protección de sobrecarga y es adaptable a diferentes tipos de enchufe.

Regulador LM7805

Véase el apartado 3.1.1.3 para la explicación de las características técnicas.

En este caso el regulador hace la misma función que en el mando. La alimentación general del sistema electrónico receptor es de 7,5 V debido a los leds de potencia. Sin embargo la mayoría de los integrados son alimentados a 5 V. Por lo tanto ha sido necesario introducir este elemento una vez más.

Fusible de 2A

Se ha introducido un fusible de 2 A como protección del circuito electrónico del mando en caso de cortocircuito o sobrecarga. La corriente ha sido calculada de la siguiente forma:

$$I_{\max} = I_{\text{Par Darlington}} = 0,5 \text{ A}$$

El funcionamiento del sistema establece que por cada salida de iluminación (elemento de mayor consumo) se activan 4 leds de potencia, por consiguiente:

$$I_{\max \text{ Total}} = 4 \times 0,5 = 2 \text{ A}$$

3.2 Estructura mecánica

3.2.1 Mando

El sistema cuenta con un conjunto de elementos a saber:

- Caja mando
- Acople pulsadores
- Acople entrada Jack y conmutadores
- Adaptador sensor de movimiento

A continuación se expondrán los bloques nombrados:

Caja mando

Se ha requerido de una caja como elemento base del mando. El material usado ha sido polipropileno y posee unas dimensiones de 45x333x95 mm (Véase figura 3-37). Posteriormente se ha llevado a cabo la introducción de los distintos componentes tanto en su superficie como en su interior. En primer lugar se introdujeron los pulsadores, conmutadores y la entrada Jack y de alimentación (para su acople véase los apartados siguientes).



Figura 3-37 Caja Mando

Acople pulsadores

Como se ha visto en el apartado anterior, los pulsadores van acoplados a la superficie de la caja. Para su acople se han realizado numerosos agujeros y con ayuda de limas se han ajustado con precisión. Los pulsadores inicialmente contaban con interruptores finales de carrera añadidos a sus extremos. Dichos interruptores han tenido que ser extraídos ya que eran demasiado grandes y no eran adecuados. Se han introducido pues diversos finales de carrera de menor tamaño y se ha comprobado su correcto funcionamiento. Véase figura 3-38.



Figura 3-38 Acople Pulsadores

Acople entradas Jack y conmutadores

Al igual que los pulsadores, los conmutadores y las entradas Jack se han introducido realizando orificios con la taladradora y adaptándolos correctamente con limas. Véase figura 3-39.



Figura 3-39 Acople Entradas Jack y Conmutadores

Adaptador sensor de movimiento

El sensor de movimiento, debido a sus dimensiones, se ha optado por introducirlo detrás y no propiamente en la superficie del mando como los pulsadores. Para ello se ha diseñado una pieza de plástico con la impresora 3D MakerBot existente en el laboratorio de Tecnología de la Electrónica (véase figura 3-40). Dicha pieza se coloca en la parte posterior del mando y sujeta el sensor de movimiento que se eleva 10 cm contando con un campo de visión perfecto para su función.

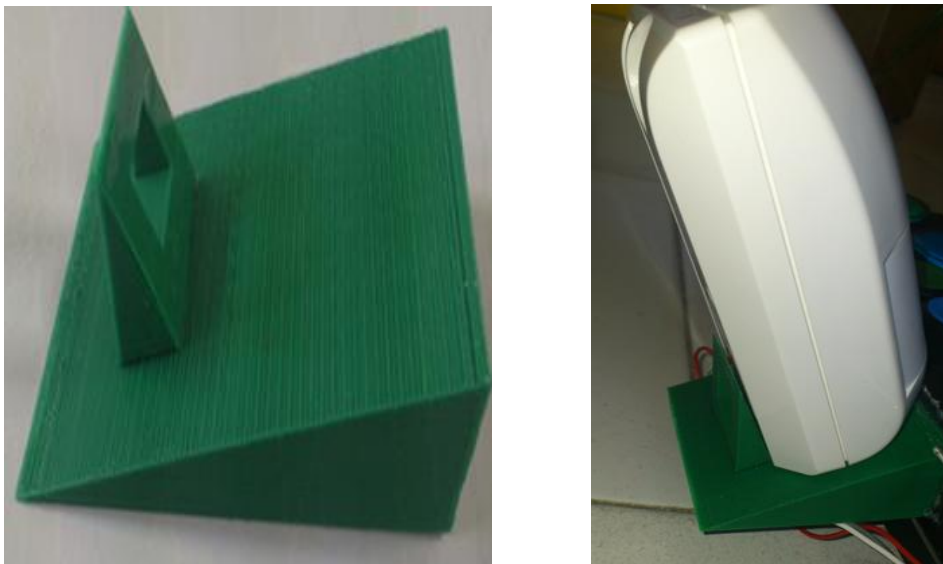


Figura 3-40 Adaptador Sensor de Movimiento

3.2.2 Receptor

El sistema cuenta con un conjunto de elementos a saber:

- Caja receptor
- Adaptador leds de iluminación
- Adaptación leds-fibra óptica
- Acople al techo de la habitación

A continuación se expondrán los bloques nombrados:

Caja receptor

Se ha requerido de una caja como elemento base del receptor. El material usado ha sido polipropileno y posee unas dimensiones de 250x200x80 mm (Véase figura 3-41). Posteriormente se ha llevado a cabo la introducción de los distintos componentes tanto en su superficie como en su interior. En primer lugar se introdujeron los elementos de sujeción tanto para la iluminación como para el sonido. Posteriormente se introdujo la fibra óptica y finalmente el sistema electrónico. Véase los detalles en los siguientes apartados.



Figura 3-41 Caja Receptor

Adaptador leds de iluminación

Para la instalación de los leds de potencia destinados a la iluminación de la sala ha sido necesaria la introducción de una pieza que orientara los leds con un ángulo de 45°. De esto modo no sólo se ilumina una franja vertical sino que se ha expandido el ángulo de iluminación hacia los exteriores. La realización de la se ha diseñado en plástico con la impresora 3D MakerBot existente en el laboratorio de Tecnología de la Electrónica (véase figura 3-42).

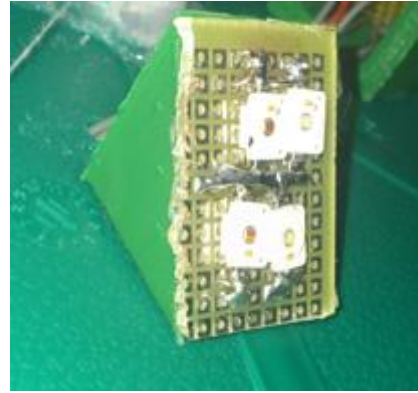
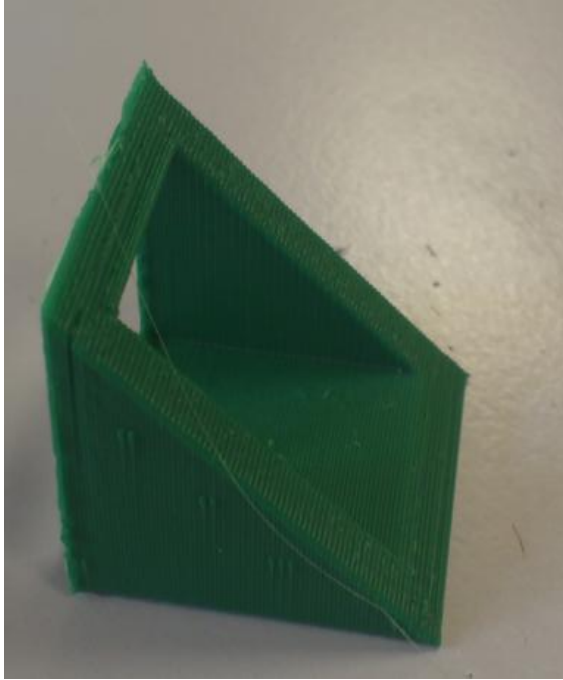


Figura 3-42 Adaptador Leds de Iluminación

Adaptación leds-fibra óptica

Para la instalación de la fibra óptica se ha realizado un taladro en la caja del receptor. Una vez introducida y adherida con silicona termofusible se han colocado los leds emisores destinados a la iluminación de la fibra óptica en su extremo superior. Para ello ha sido necesario instalarlos a una altura de 14 mm (*ver cálculos en el anexo 8.2.3*) a través de unos soportes creados con las dimensiones específicas, de manera que la placa de leds descansa sobre ellos. Dichos soportes se han diseñado en plástico con la impresora 3D MakerBot. Véase figura 3-43.

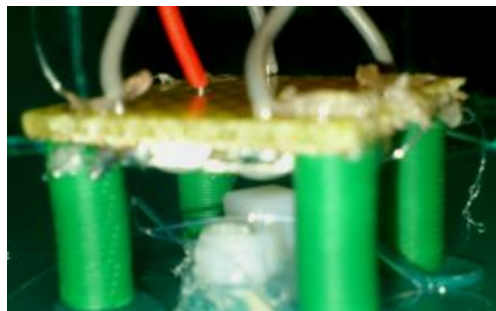


Figura 3-43 Adaptación Leds-Fibra Óptica

Acople al techo de la habitación

Se han establecido 4 escarpas en la caja del sistema receptor para su instalación el techo de la habitación. (Véase figura 3-44)



Figura 3-44 Acople al Techo

Capítulo 4 - Resultados

Los resultados obtenidos finalmente son muy satisfactorios. El proyecto tiene una gran funcionalidad para los alumnos del colegio San Rafael. Se ha implementado de manera correcta y con ello se ha adaptado una sala del centro para usos audiovisuales. (Véase figura 4-1 y 4-2).



Figura 4-1 Montaje general 1

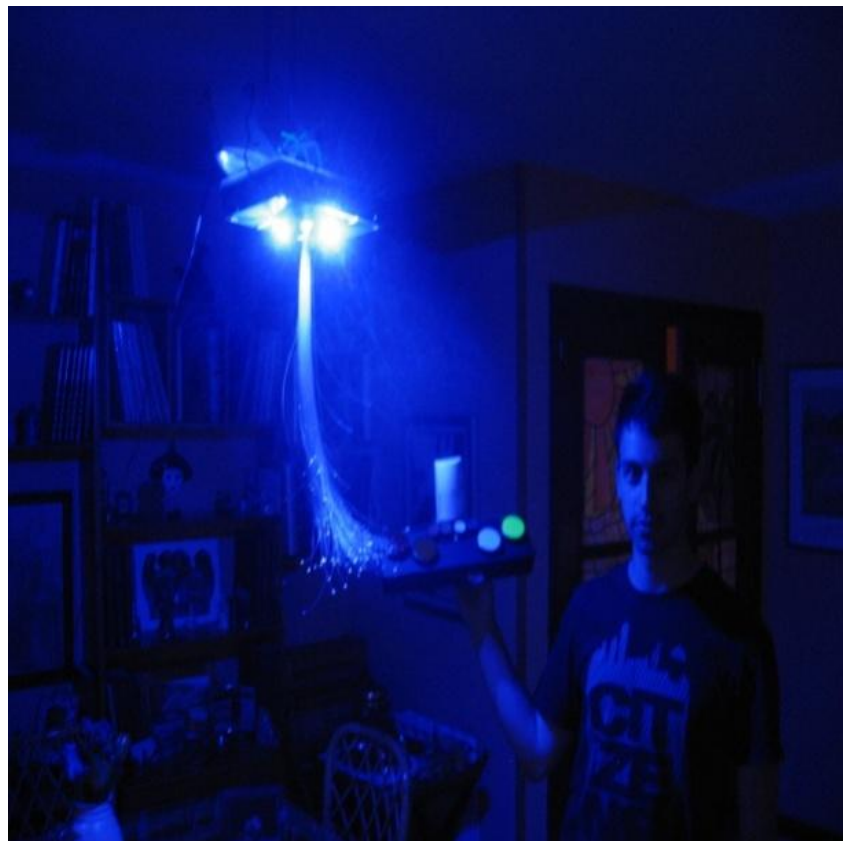


Figura 4-2 Montaje general 2

A continuación se detallará cada uno de los aspectos del sistema:

4.1 Mando

En la figura 4-3 se muestra a un alumno interactuando con el mando:



Figura 4-3 Interacción mando-alumno

CONTROL INTERACTIVO DE ESTÍMULOS SENSORIALES- SALA SNOELEZEN

En las figuras 4-4 y 4-5 se muestran fotos del mando donde se pueden observar los distintos pulsadores, el sensor de movimiento y las entradas Jack:



Figura 4-4 Mando horizontal



Figura 4-5 Mando vertical

4.1.1 Placa de control de modo

En los sucesivos apartados del mando se mostrará el funcionamiento interno a través de las señales intermedias medidas por un osciloscopio.

4.1.1.1 Integrado 555

La figura 4-6 muestra el pulso de reloj a 31 Hz de la placa de acción:

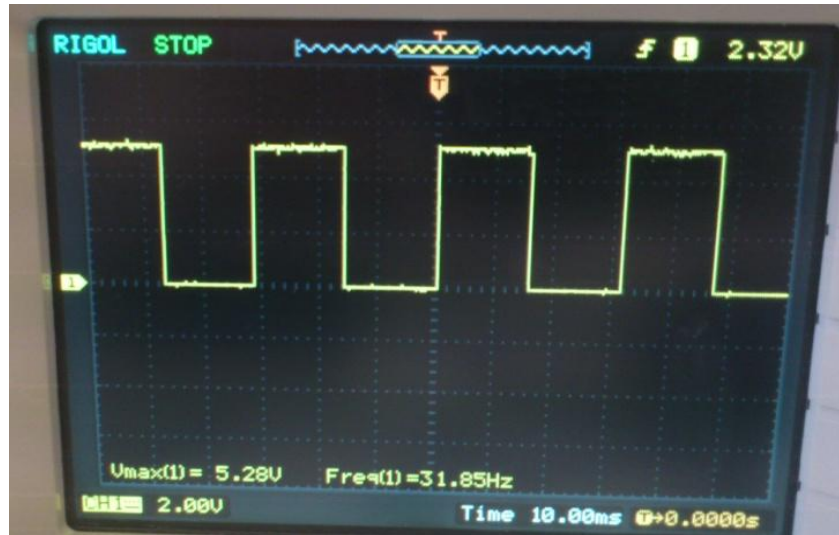


Figura 4-6 Pulso reloj placa modo

4.1.1.2 Codificador emisor

La figura 4-7 muestra la señal codificada que contiene la información de datos que se envía por RF:

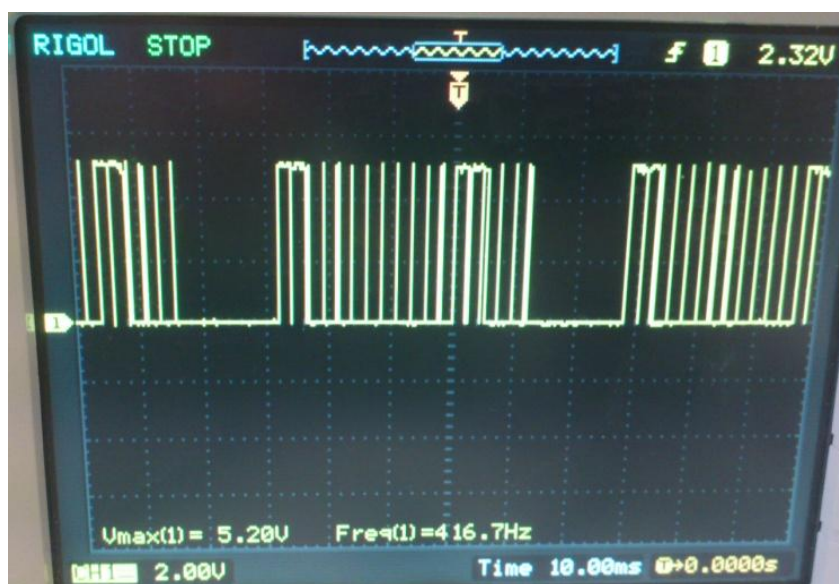


Figura 4-7 Señal codificada

4.1.1.3 Emisor RF

La figura 4-8 muestra la señal de envío por RF:

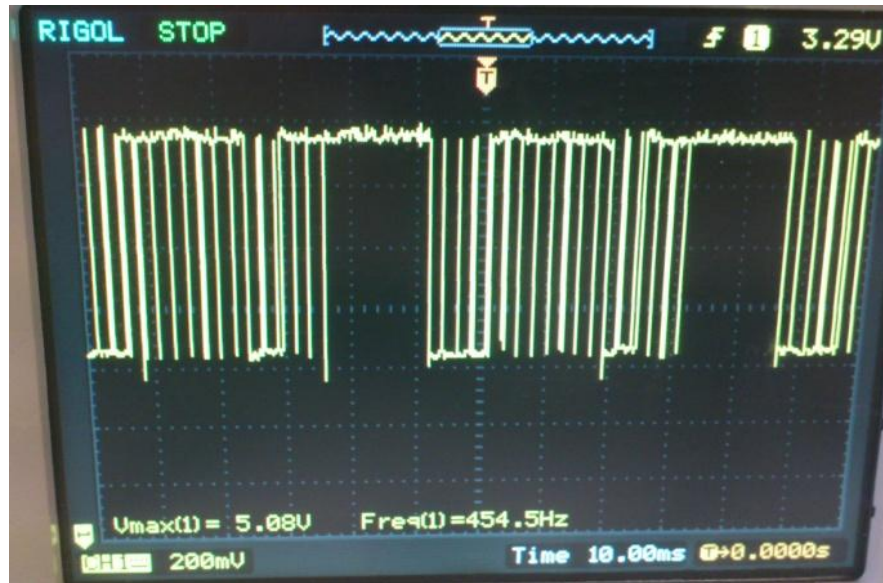


Figura 4-8 Señal RF

4.1.2 Placa de ejecución

4.1.2.1 Integrado 555

En la figura 4-9 se muestra el pulso de reloj a 1 Hz de la placa de acción:

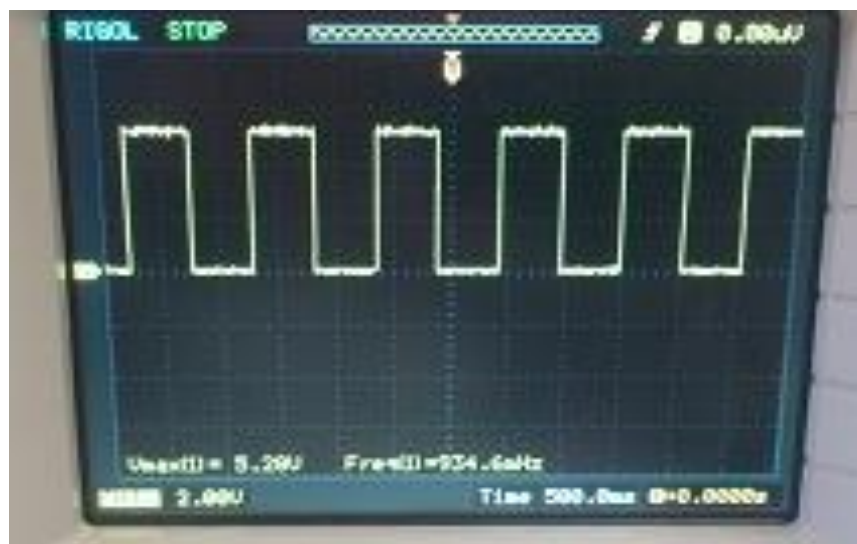


Figura 4-9 Pulso reloj placa ejecución

4.1.2.2 Contador binario

La figura 4-10 muestra la cuenta binaria:

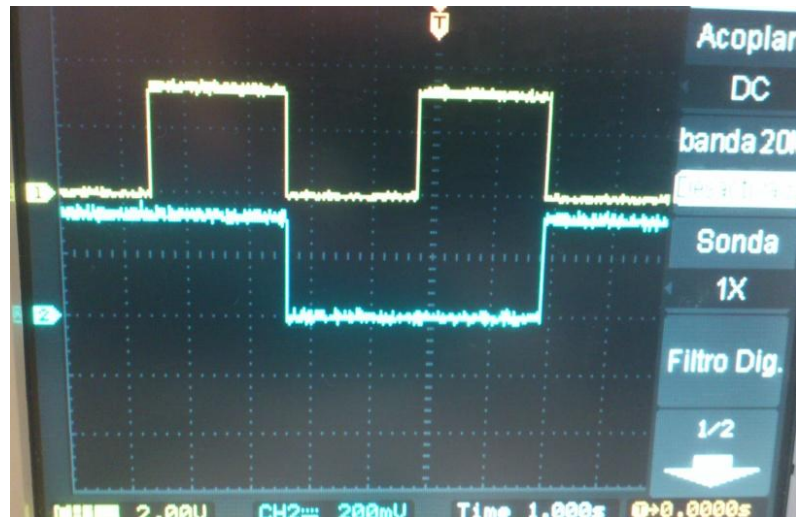


Figura 4-10 Cuenta binaria

4.2 Receptor

En las figuras 4-11, 4-12 y 4-13 se puede observar el receptor en funcionamiento:

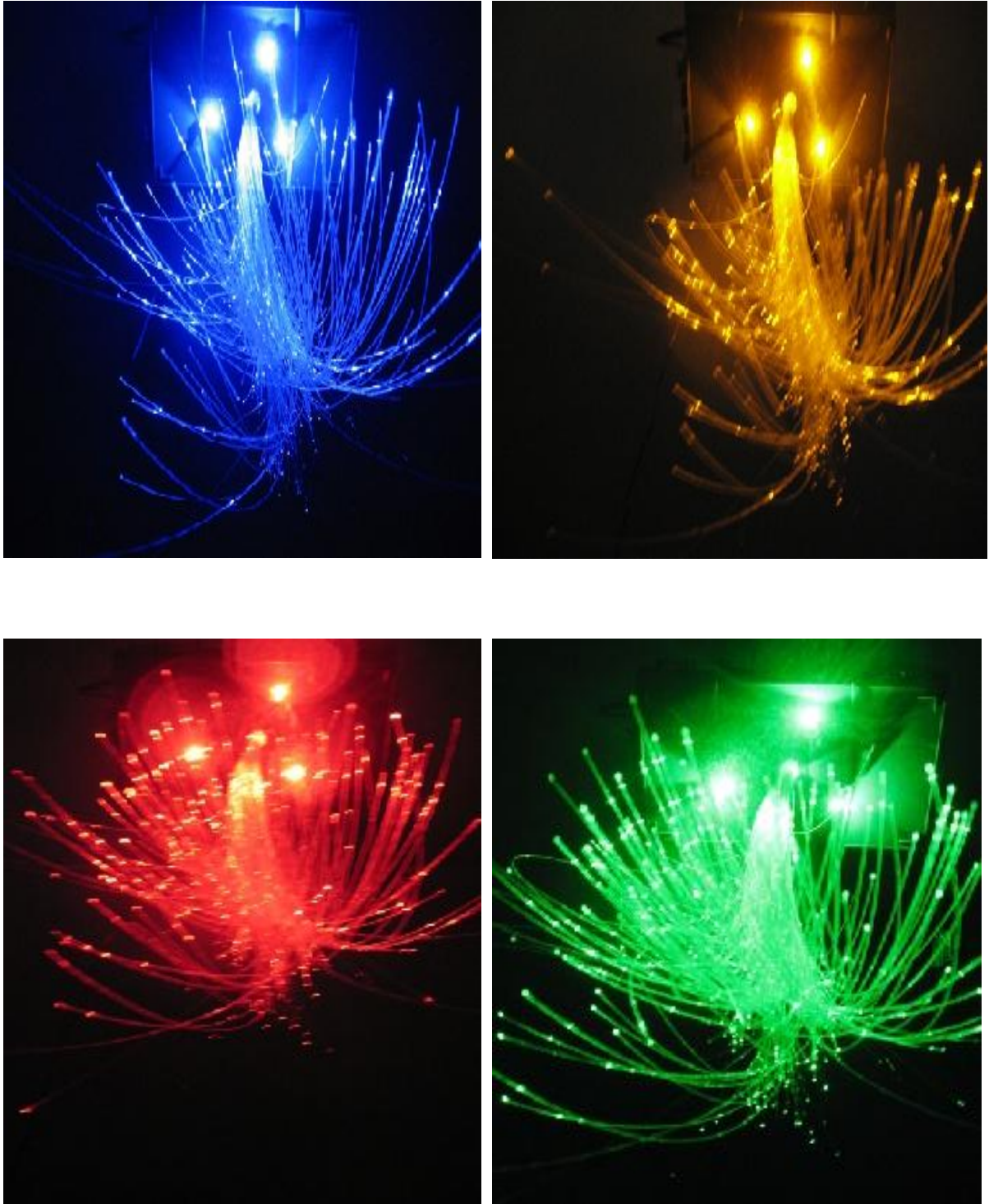


Figura 4-11 Receptor luz variada

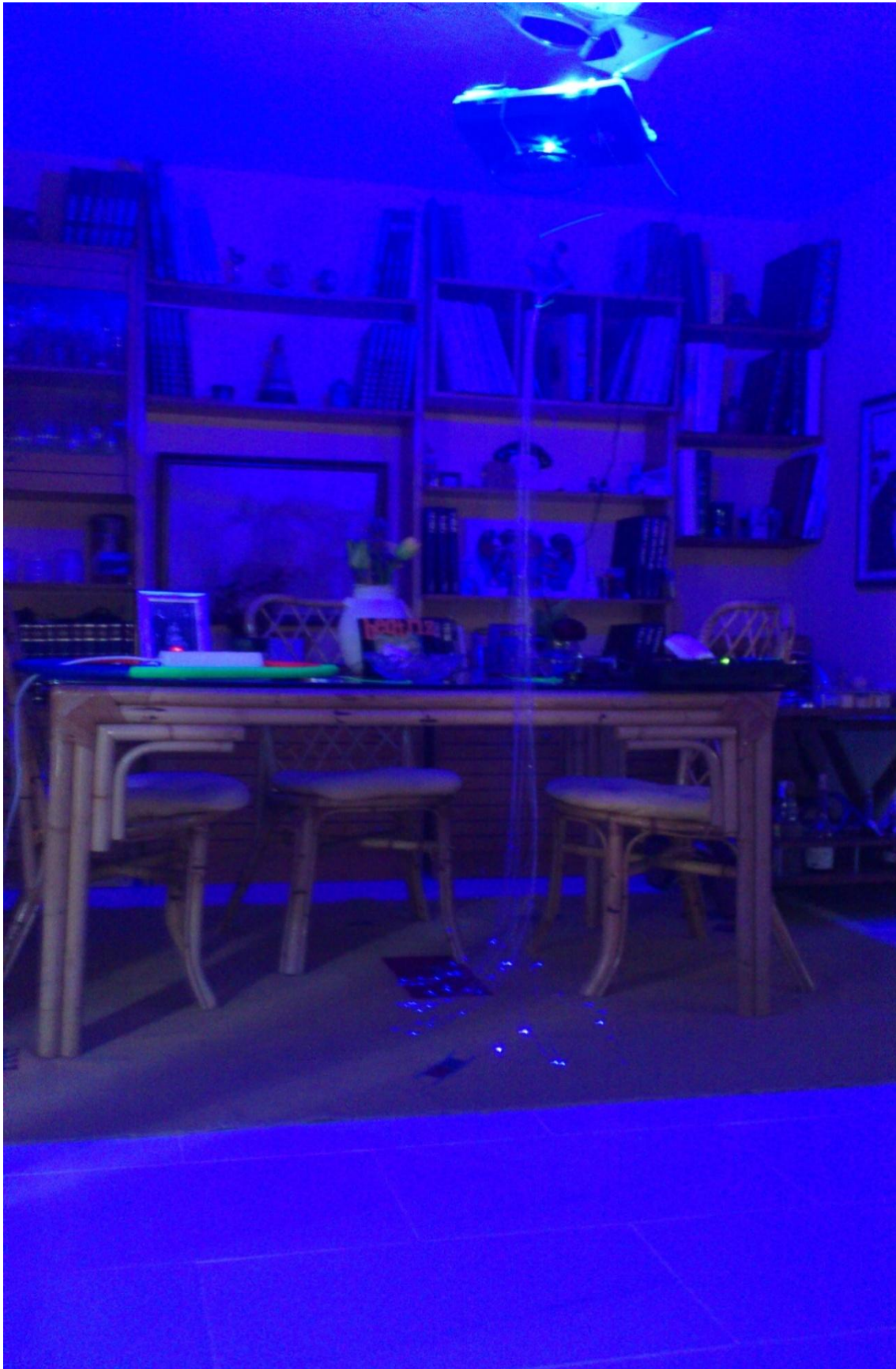


Figura 4-12 Receptor en funcionamiento



Figura 4-13 Receptor: detalle de una de las configuraciones probadas en la cortina de fibra óptica.

4.2.1 Decodificador receptor

En la figura 4-14 se muestra la señal de decodificación a través de un osciloscopio:



Figura 4-14 Señal decodificación

4.2.2 Leds de potencia

En la figura 4-15 se muestra un detalle los leds de potencia acoplados al receptor:

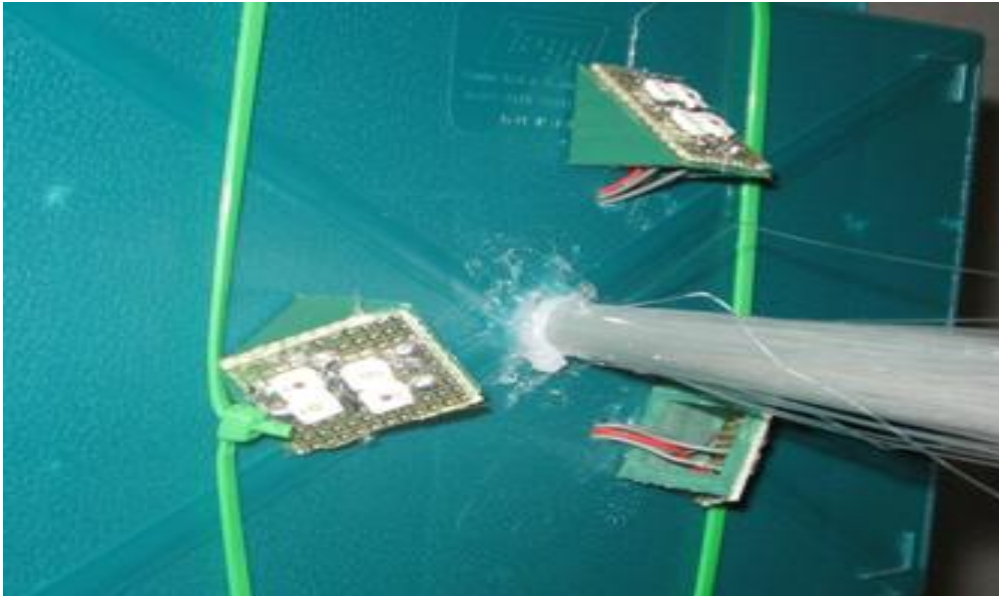


Figura 4-15 Leds de potencia

4.2.3 Cortina de fibra óptica

En la figura 4-16 se puede observar la fibra óptica:

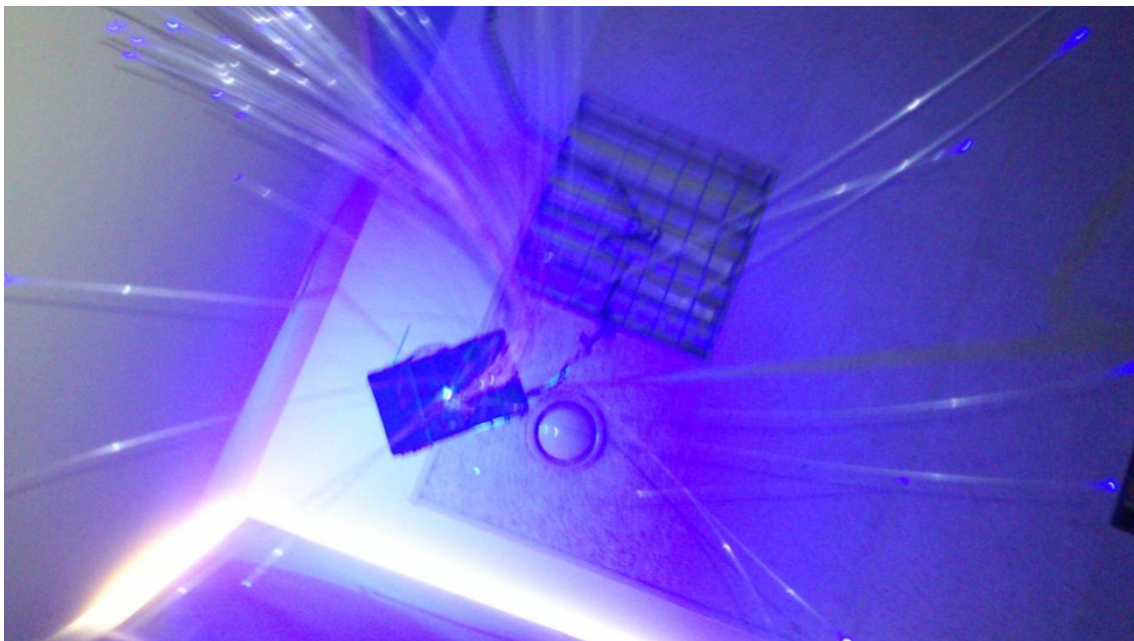


Figura 4-16 Cortina fibra óptica

4.2.4 Integrado de sonido

A continuación se mostrará la figura 4-17 en la que se puede observar el montaje de los integrados de sonido:

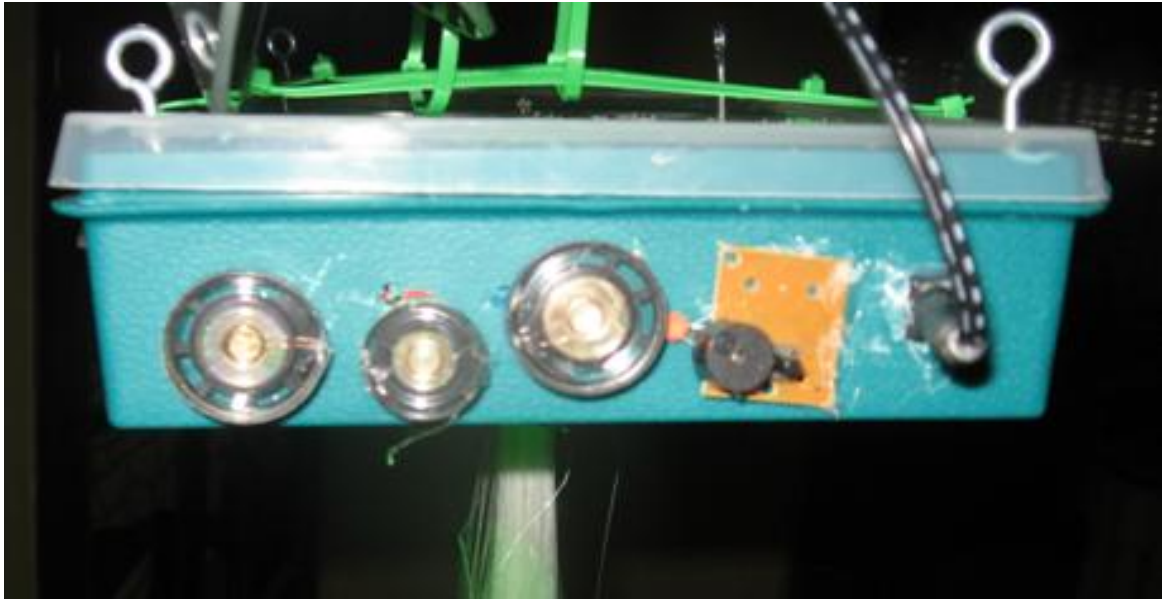


Figura 4-17 Integrado sonido

Capítulo 5 - Conclusiones

El proyecto se ha diseñado como ayuda a los alumnos con discapacidad del Colegio San Rafael con los objetivos de adaptar una sala existente en el centro hacia una habitación tipo Snoezelen. El coste de estas salas se mide en decenas de miles de euros y resulta inadmisibile para muchos centros. Es por ello por lo que el proyecto ha resultado muy satisfactorio tanto para ellos como para la universidad. Se ha implementado un entorno similar a dicha sala en el centro y totalmente funcional y operativo para el mismo, con un abaratamiento del 99% del coste real. Inicialmente se había previsto un coste (en cuanto a materiales) entorno 500€, pero finalmente no llega a 250€ (ver Capítulo 7). Al mismo tiempo se ha creado un prototipo de mando-receptor comunicador por RF que cuenta con componentes electrónicos tanto digitales como analógicos, y que han servido para el desarrollo y el conocimiento propio, así como para aplicación de los conocimientos adquiridos durante los cursos de Grado del autor.

Conocimientos aparte, siempre es agradable ayudar a gente con discapacidad que no puede acceder a todos los medios comerciales disponibles en el mercado. Es por ello que con este pequeño grano de arena se ha tratado de seguir desarrollando el escalón que les aúpe al uso comercial de toda la tecnología.

“¿Es nuestro mundo un mundo con acceso para todos?”

No lo es...pero puede llegar a serlo.

No os conforméis con lo que hay, depende de todos y cada uno de nosotros.

También de ti.

La Medida de la dificultad es la medida de la capacidad”

Tomas Carlyle

Capítulo 6 - Mejoras

El presente proyecto se ha realizado con el material más económico y a veces, simplemente con el disponible, y el periodo de tiempo ha sido limitado. Es por estas razones por la que se podrían desarrollar las siguientes mejoras:

1) Sustitución placa de puntos.

Todo el circuito electrónico se ha implementado sobre una placa de puntos con soldadura. Una evolución lógica será el diseño y fabricación del mismo sistema electrónico sobre una placa PCB, debido a que presenta un mejor aspecto y es más estable.

2) Mejora del sensor de movimiento

El sensor de movimiento V40Q que se ha instalado en el mando está diseñado para detectar movimiento en ambientes grandes, como por ejemplo habitaciones o jardines. Esta característica ofrece la ventaja de una detección precisa con un mínimo movimiento, útil para personas con discapacidad.

Sin embargo, tiene un ángulo de detección elevado y no se centra sólo en la persona que tiene delante, es decir, terceras personas que pasan por detrás del usuario en cuestión son detectadas por el sensor e interfieren en el funcionamiento.

Por lo tanto, sería necesaria la elección de otro sensor o sistema que detectara los movimientos con una mayor limitación de ángulo.

3) Separación frecuencia de sucesión en el contador.

El contador es accionado por dos entradas distintas, el sensor de movimiento y la entrada Jack. El problema aparece en la frecuencia de sucesión establecida por el integrado 555 para dicho contador. Los tiempos de utilización de los dos sistemas de entrada difieren entre sí, y en la implementación final se ha comprobado con los alumnos, en funcionamiento, la necesidad de separar las frecuencias de uso.

La entrada Jack tiene que realizar un pulso tan largo como el periodo de sucesión para lograr la habilitación del reloj. Sin embargo, el sensor de movimiento realiza un pulso constante de 4 segundos cuando ha detectado un movimiento. Actualmente se utiliza una frecuencia intermedia (1 segundo) que permite a la entrada Jack no tener que realizar un pulso demasiado largo y de manera que el sensor de movimiento al ser activado no realiza más de 4 ciclos de sucesión.

Por motivos de confort, la frecuencia de sucesión tiene que ser baja para que las salidas audiovisuales basadas en esta sucesión no cambien demasiado rápido. Por consiguiente una posible mejora sería separar las dos entradas con un contador y una frecuencia de sucesión propias. A la entrada Jack se le podría establecer una frecuencia de sucesión alta (para poder realizar un pulso corto) y al sensor de movimiento una frecuencia alta (para realizar solo un ciclo de sucesión).

Capítulo 7 - Presupuesto

A continuación se mostrará una tabla donde se reflejan todos los costes, tanto de material como personal.

7.1 Coste material

7.1.1 Mando

| Componente | Nº comp | Precio unitario | Precio total |
|--|---------|-----------------|---------------|
| AM-RT4-433 | 1 | 8,44 | 8,44 |
| MC145026 | 2 | 3,6 | 7,2 |
| 74HC194 | 1 | 0,28 | 0,28 |
| 74HCT161 | 1 | 0,18 | 0,18 |
| CD4071BE | 3 | 0,32 | 0,96 |
| LM555 | 1 | 0,55 | 0,55 |
| CD74HCT04 | 2 | 0,45 | 0,9 |
| V40Q | 1 | 13,2 | 13,2 |
| CD4555 B | 1 | 0,26 | 0,26 |
| MP1-10X | 4 | 2,86 | 11,44 |
| EV02 | 4 | 5,12 | 20,48 |
| Jack 3,5 mm | 1 | 1,1 | 1,1 |
| Batería Pb 537-5444 | 1 | 10,82 | 10,82 |
| LM7805 | 1 | 0,73 | 0,73 |
| Fusible 125 mA | 1 | 0,75 | 0,75 |
| Conmutador | 2 | 1,25 | 2,5 |
| Fuente Alimentación D35-12-0250 | 1 | 7,11 | 7,11 |
| Entrada Jack 6,3mm | 1 | 1,29 | 1,29 |
| Caja PP | 1 | 9,26 | 9,26 |
| Placa de punto | 1 | 7,5 | 7,5 |
| Varios(condensadores, resistencias..) | X | | 2 |
| TOTAL | | | 106,95 |

7.1.2 Receptor

| Componente | Nº | Precio unitario | Precio total |
|--|----|-----------------|---------------|
| MC145027 | 2 | 3,3 | 6,6 |
| AM-HRR3-433 | 2 | 9,6 | 19,2 |
| CD4071BE | 2 | 0,32 | 0,64 |
| LM555 | 2 | 0,55 | 1,1 |
| CD74HCT08 | 4 | 0,39 | 1,56 |
| 74HCT161 | 2 | 0,18 | 0,36 |
| ULN 2004A | 3 | 0,61 | 1,83 |
| LX W5AM | 16 | 1,41 | 22,56 |
| 100m Fibra Óptica | 1 | 26,62 | 26,62 |
| Integrado sonido | 4 | 1,85 | 7,4 |
| Fuente alimentación ECP-15 | 1 | 18,1 | 18,1 |
| LM7805 | 1 | 0,73 | 0,73 |
| Fusible 2 A | 1 | 0,75 | 0,75 |
| Placa de punto | 1 | 7,5 | 7,5 |
| Varios(condensadores, resistencias..) | X | | 2 |
| TOTAL | | | 116,95 |

7.2 Coste personal

Para hacer un cálculo aproximado de los costes se toma como referencia el salario por hora de un ingeniero superior en proyectos de la Universidad Carlos III de Madrid.

Graduado en Ingeniería: 20,94 €/hora

Con las siguientes cargas económicas:

Seguridad social: 27%

Desempleo: 1,5 %

La suma hace un total de: **26,90€**

A continuación se hará un desglose de las horas dedicadas al proyecto:

| Tarea | Nº Horas | Coste hora | Total |
|--------------|----------|------------|-------|
| Diseño | 30 | 26,9 | 807 |
| Pruebas | 40 | 26,9 | 1076 |
| Construcción | 130 | 26,9 | 3497 |
| Instalación | 10 | 26,9 | 269 |
| Total | 210 | 26,9 | 5649 |

7.3 Otros costes

| Tarea | Total |
|-----------------|-------|
| Combustible | 20 |
| Gastos de envío | 40 |

7.4 Coste total

El presupuesto total del proyecto es de 5932,9 € CINCO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y DOS EUROS.

Leganés a 20 de Junio de 2013

El ingeniero proyectista

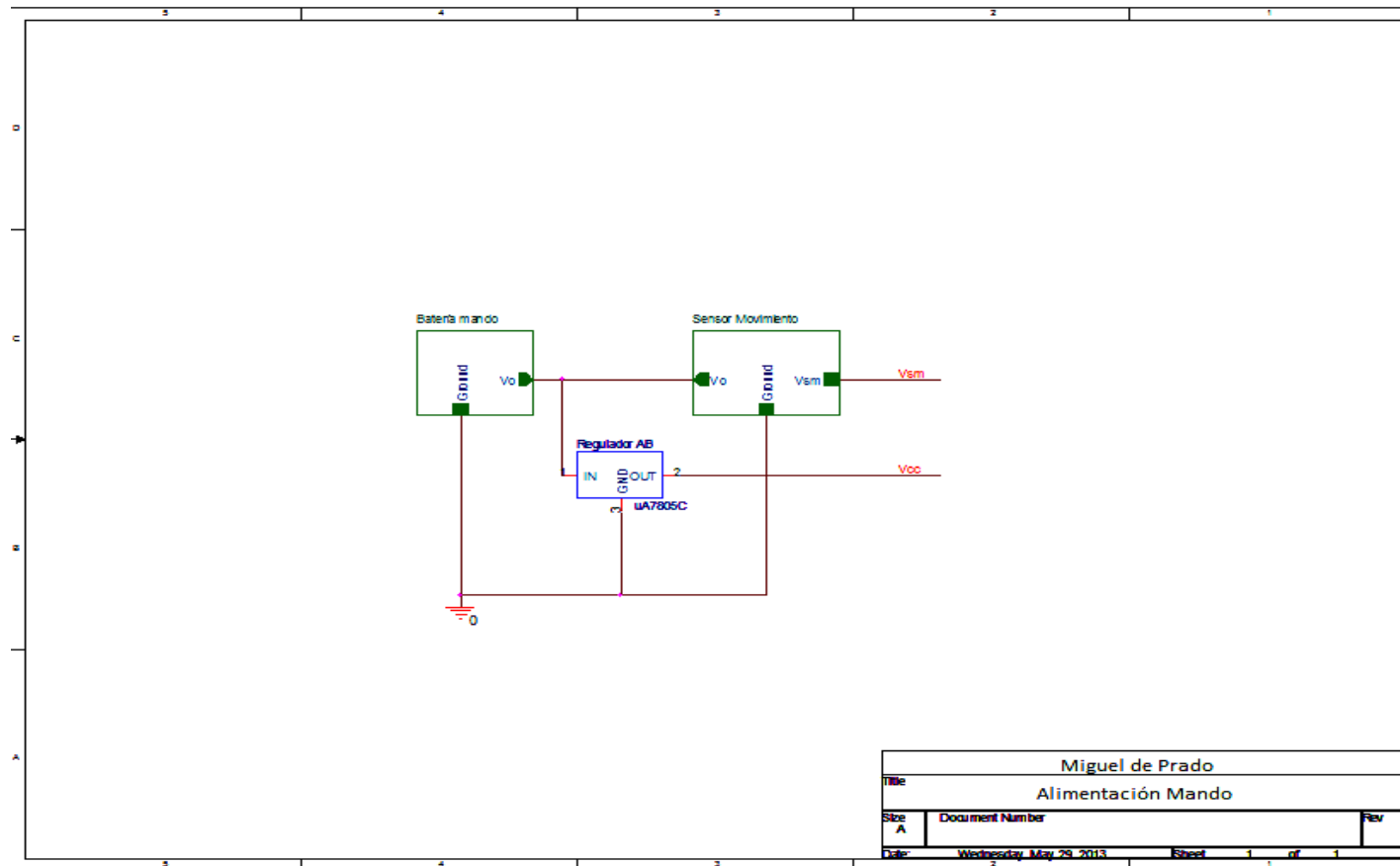
Fdo. Miguel de Prado

Capítulo 8 - Anexos

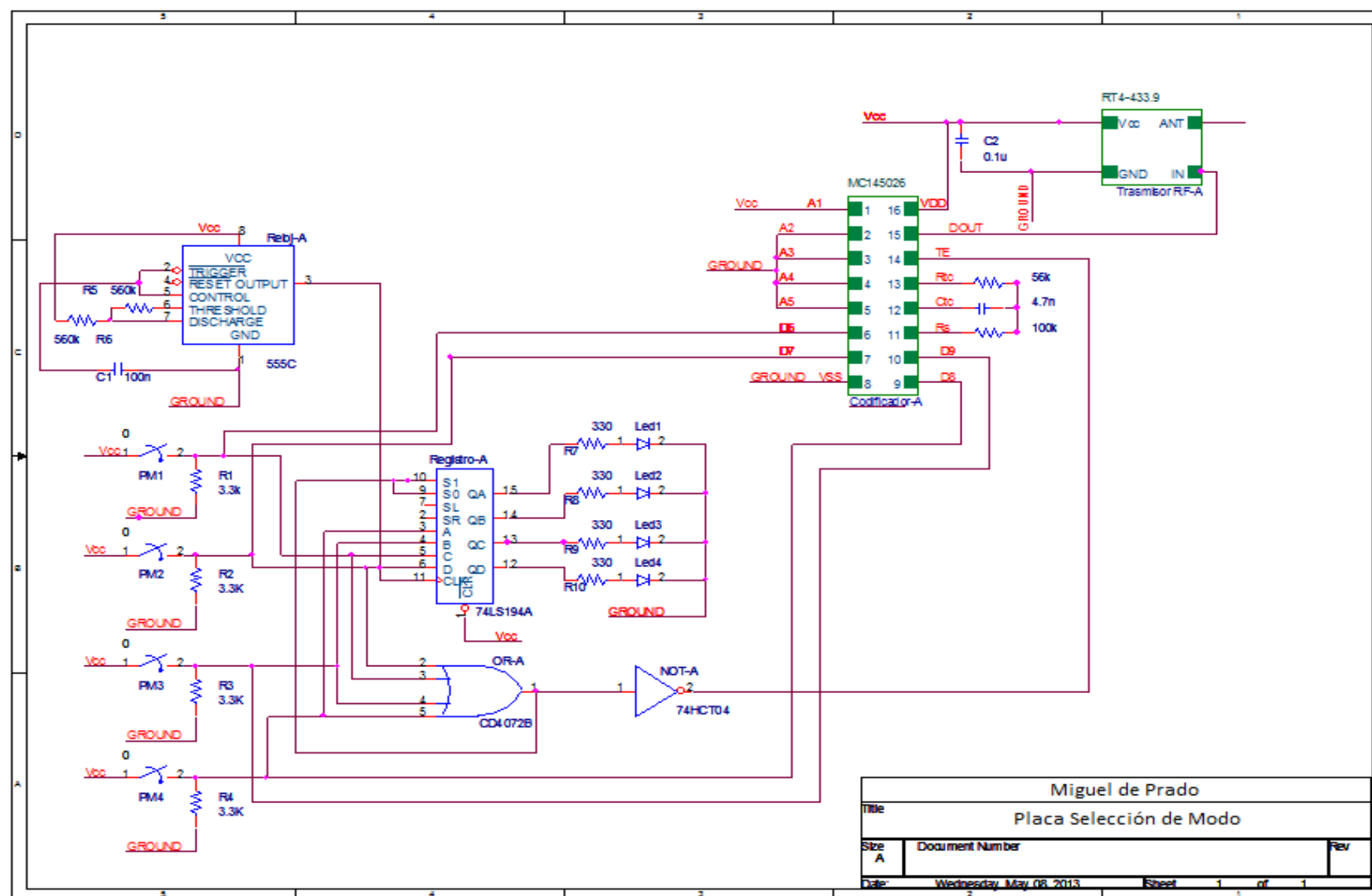
8.1. Anexo 1 – Esquemas eléctricos

8.1.1. Mando

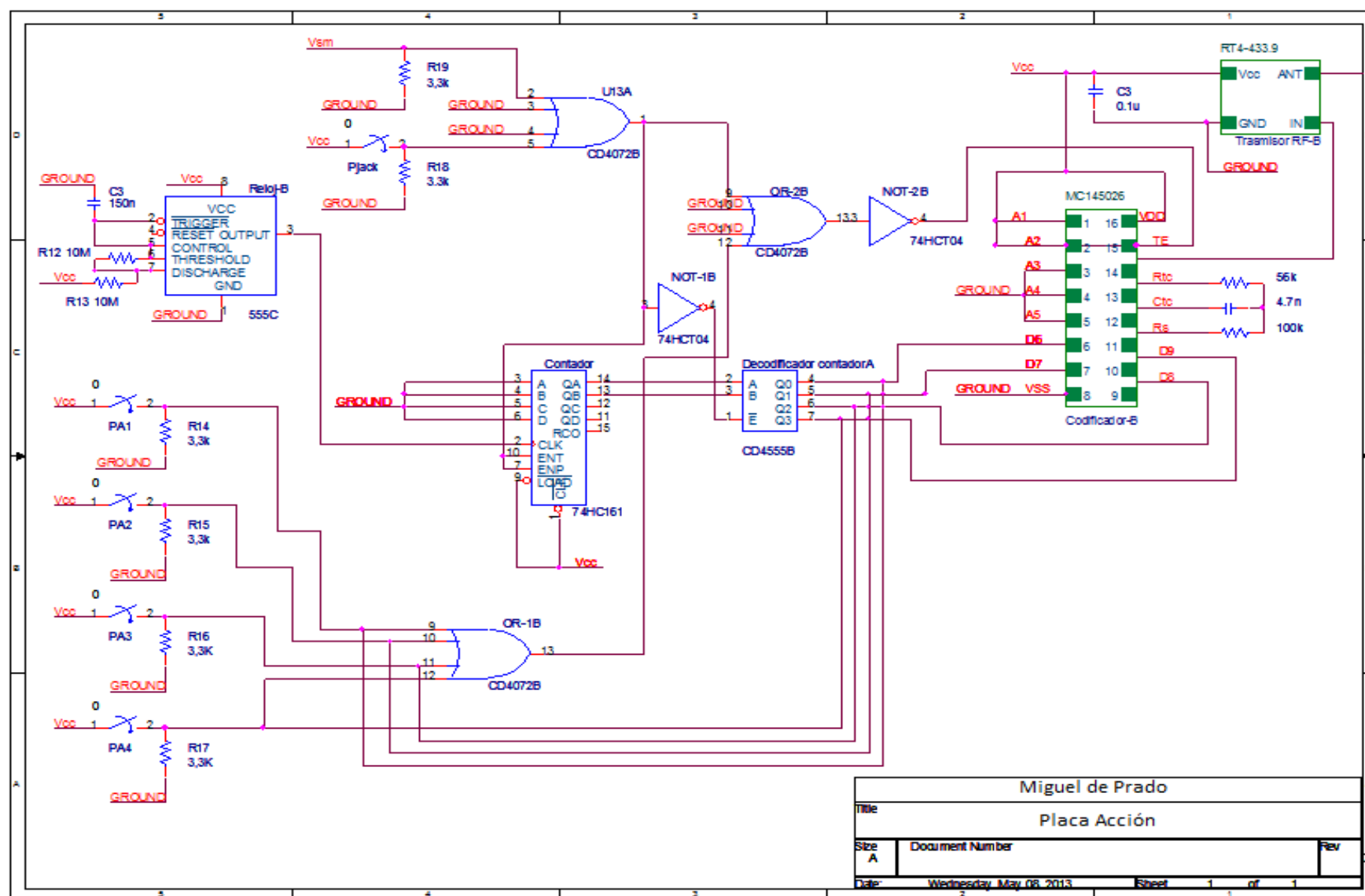
8.1.1.1. Alimentación



8.1.1.2. Placa Elección de Modo

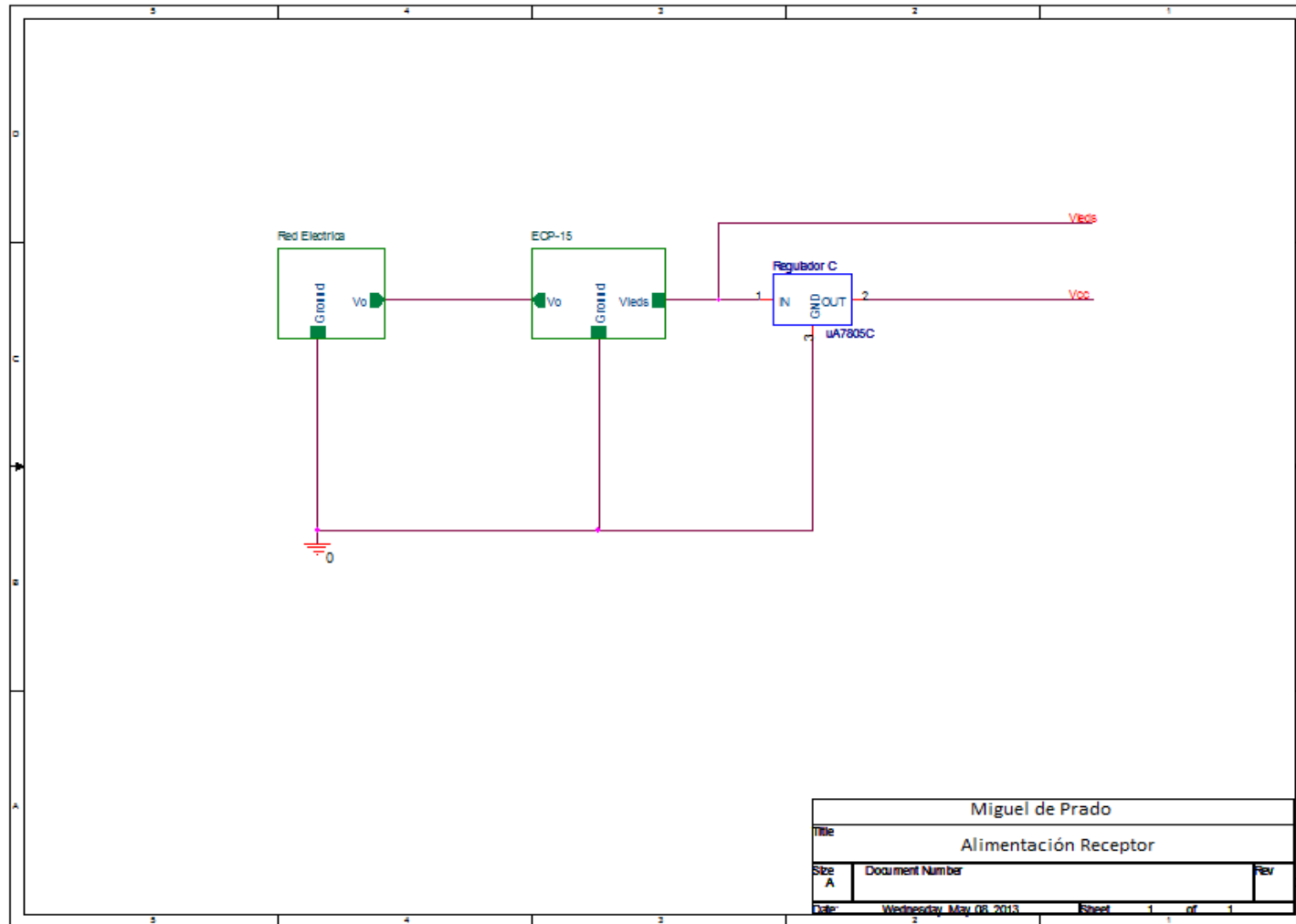


8.1.1.3. Placa Ejecución

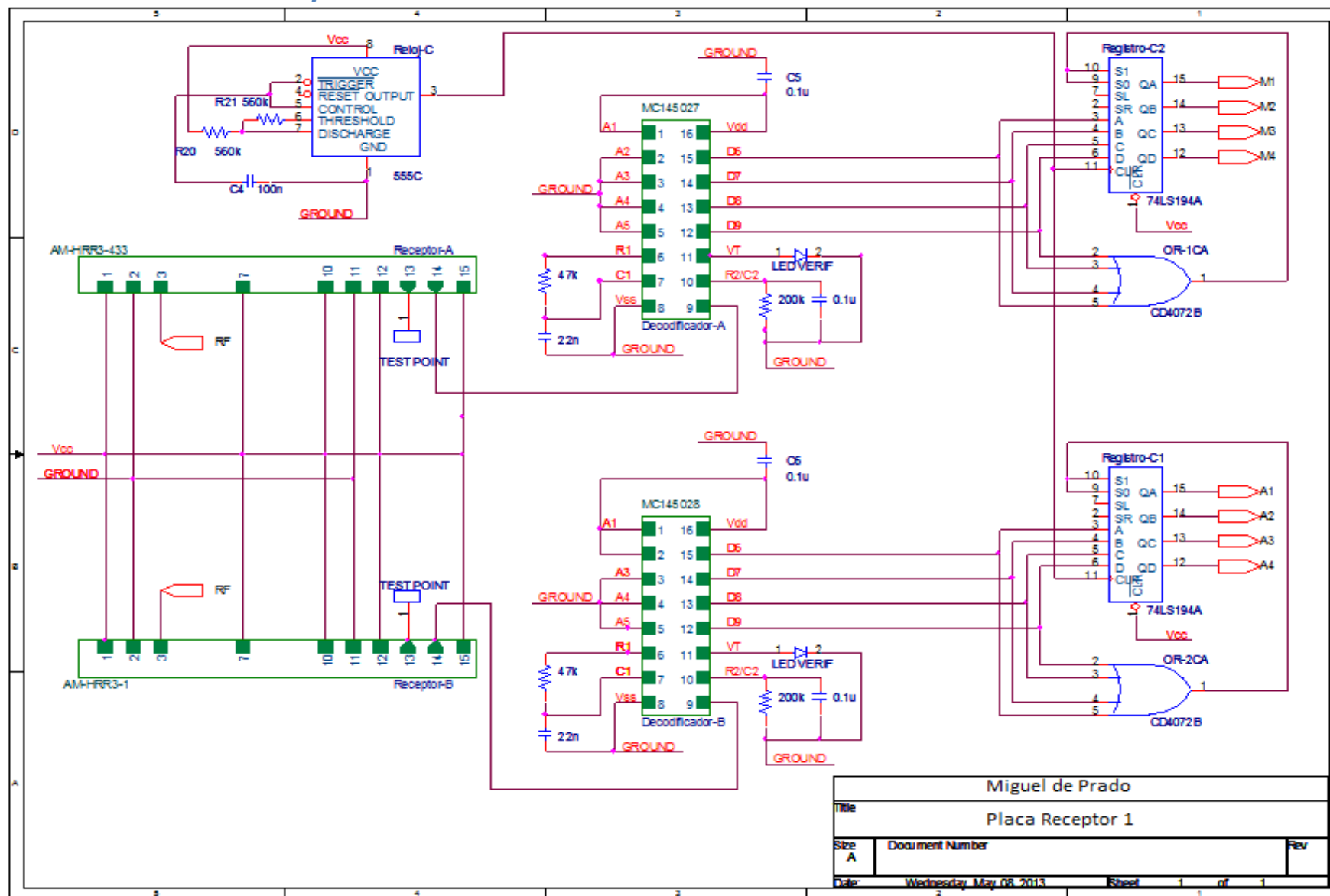


8.1.2. Receptor

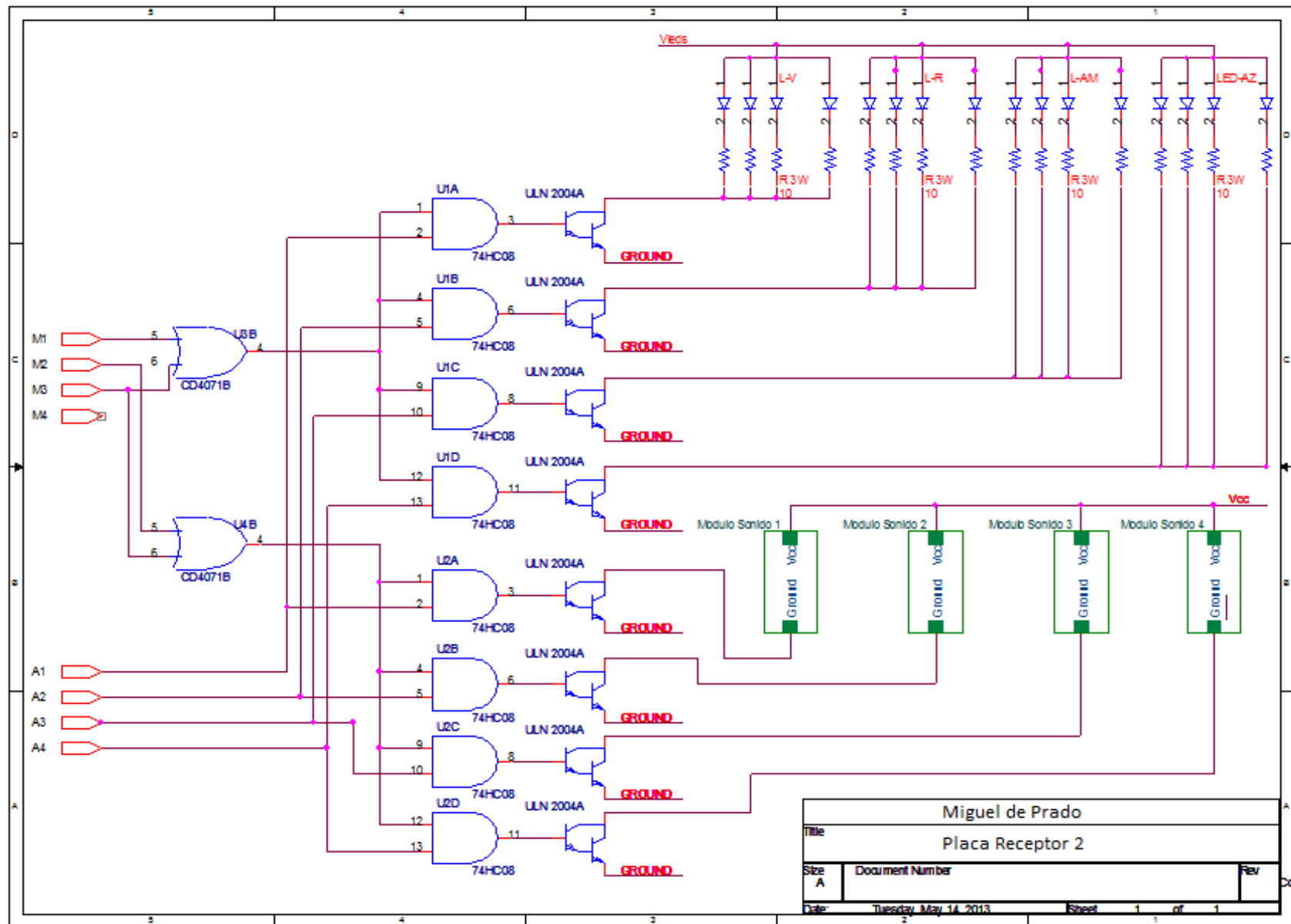
8.1.2.1. Alimentación



8.1.2.2. Placa Receptor



CONTROL INTERACTIVO DE ESTÍMULOS SENSORIALES- SALA SNOELEZEN



8.2. Anexo 2 – Cálculos

8.2.1. Alimentación Mando

La alimentación del mando se dispone a través de una batería de ácido de plomo 537-5444. La batería suministra 12V y tiene una capacidad total de 1,2Ah.

Experimentalmente se ha observado que la corriente consumida por las dos placas electrónicas del mando es:

$$I_1 = 60 \text{ mA (Placa ejecución)}$$

$$I_2 = 30 \text{ mA (Placa selección modo)}$$

Por lo tanto la corriente total es:

$$I_T = I_1 + I_2 = 60 \text{ mA} + 30 \text{ mA}$$

$$I_T = 90 \text{ mA}$$

Por consiguiente dispondremos de una independencia teórica de:

$$h = \frac{1,2Ah}{90mA} = 14 \text{ h}$$

Claramente se observa que la corriente consumida por la placa de acción es mayor, esto es debido a que posee mayor número de integrados, pero sobre todo al sensor de movimiento.

No obstante, las 14h de independencia eléctrica no son reales debido a que los circuitos electrónicos deben ser alimentados a un mínimo de 4,5V. Se ha observado experimentalmente que la independencia media real es de aproximadamente 8 h.

8.2.2. Potencia

Se ha necesitado introducir un driver de potencia para hacer frente a la gran corriente consumida por los leds de potencia y los integrados de sonido.

A continuación se hará un detalle de las características de dichos elementos:

$$I_{\text{led}} = 200 - 1000 \text{ mA}$$

$$V_{\text{led}} = 3,2 \text{ V}$$

$$I_{\text{sonido}} = 200 - 300 \text{ mA}$$

$$V_{\text{sonido}} = 5 \text{ V}$$

Por lo tanto se ha elegido un par Darlington que suministra hasta 500 mA. Para la conexión se ha establecido una alimentación a 7,5 V para los leds y 5 V para los integrados de sonido.

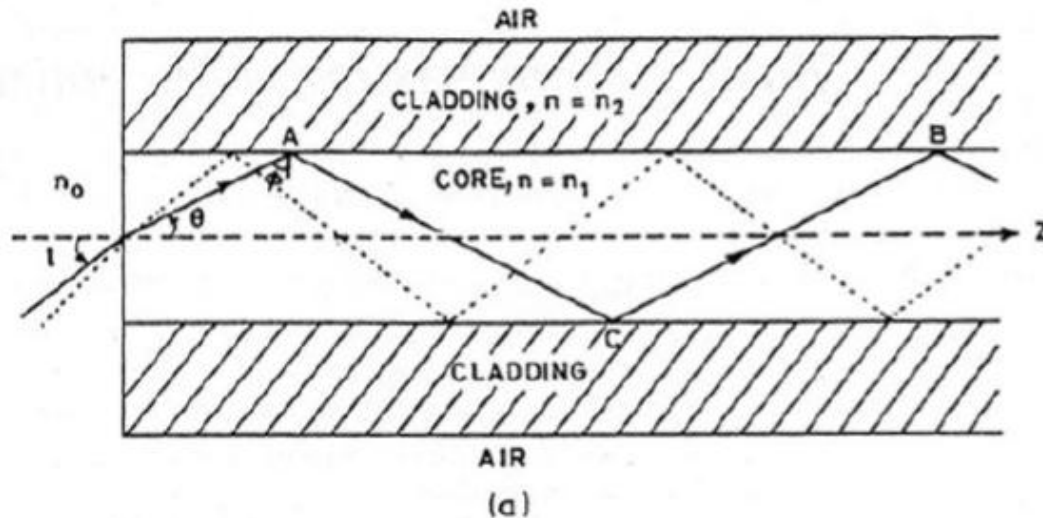
Ha sido necesaria la introducción de resistencias de potencia para no producir una sobre tensión en los leds.

A continuación se mostrará el cálculo:

$$R = \frac{7,5V - 3,2V}{0,5A} = 10 \Omega$$

8.2.3. Ángulo iluminación fibra óptica

La fibra óptica se basa en la ley de Snell que a partir de los índices de refracción determina el ángulo de apertura máximo para que la luz introducida se transmita y no se pierda (12).



La ley de Snell establece:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

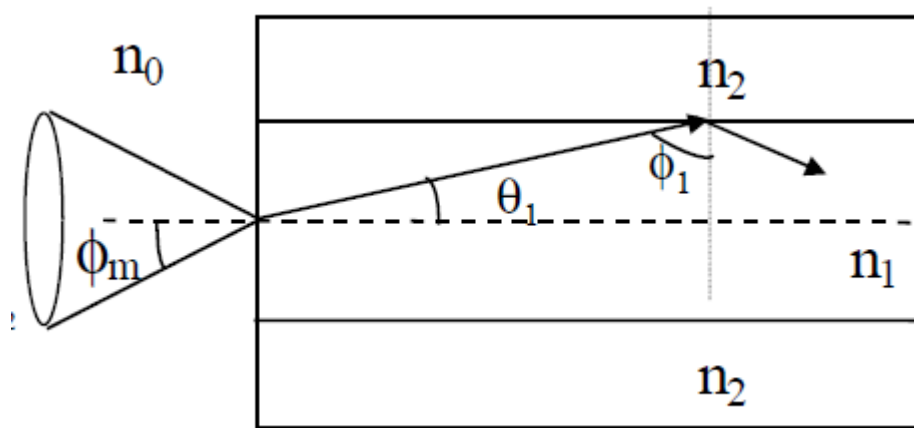
Según las propiedades de la fibra óptica:

$$n_1 > n_2$$

De acuerdo a la ley y a las propiedades de la fibra óptica, el ángulo crítico de reflexión para que la luz no traspase la fibra y continúe su transmisión es:

$$A_c = \arcsen (n_2/n_1)$$

Este ángulo transportado se relaciona con el ángulo de entrada a la boca de la fibra óptica del siguiente modo:



$$AN = n_0 \sin \Phi_m = n_1 \sin \Phi_1 = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$$

Donde AN es el número de apertura, que indica el seno de ángulo máximo del cono de aceptación.

En este proyecto se disponía de:

$$AN=0,5$$

$$\text{Foco de iluminación}=2 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto la altura de colocación será de:

$$\text{tg } \Phi_m = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

$$h \geq \sqrt{\frac{6}{\pi}} \text{ cm}$$

Capítulo 9 – Referencias

9.1. Bibliografía

1. Brehmer C. Snoezelen - auch für Nicht-Behinderte. Rompa (Hrsg): Sinneseindrücke und Behinderung Sensorische Stimulierung in der Freizeit. SNOEZELEN. 1994.
2. <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/08/08/solidaridad/1218203603.html>. [updated Última vez consultada: 12/04/2013; cited];
3. <http://www.designforall.org/> [updated Última vez consultada: 10/04/2013; cited];
4. Pleite J, Vergaz , R., Ruiz, J. M. Electrónica analógica para ingenieros. Interamericana M-H, editor. Madrid; 2009.
5. Walter J. Analog Devices. Op Amp Applications. series AD, editor.; 2006.
6. Fiore JM. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales Paraninfo T-, editor.; 2002.
7. <http://es.rs-online.com/web/>. [updated Última vez consultada: 20/05/2013; cited];
8. Rashid MH. Microelectronic circuits : analysis and design. Learning C, editor.; 2011.
9. Barrado A, Hart, D. Electrónica de Potencia. Hall P, editor. Madrid 2001.
10. www.fibraopticaparamodelismo.com/. [updated Última vez consultada: 05/05/2013; cited]

11. <http://www.avanceluz.com/es/>. [updated Última vez consultada: 28/04/2013; cited].
12. Jose capmany, Redes Ópticas, Universidad Politécnica de Valencia, 2006.

9.2. Datasheets

13. Datasheet Registro SN74LS194 A
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0024/0900766b80024e26.pdf>
14. Datasheet Integrado LM555
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/05bd/0900766b805bd557.pdf>
15. Datasheet Puerta Lógica OR CD4072 B
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0b73/0900766b80b73c66.pdf>
16. Datasheet Puerta Lógica NOT CD74HCT04
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/00a4/0900766b800a4789.pdf>
17. Datasheet Codificador MC145026
http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/data_sheet/MC145026.pdf
18. Datasheet Emisor RF AM-RT4-433
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0029/0900766b80029ef0.pdf>
19. Datasheet Contador SN74HC161
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0f9f/0900766b80f9f96b.pdf>
20. Datasheet Decodificador CD4555 B
<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0e55/0900766b80e558ff.pdf>

21. DatasheetRegulador LM7805

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0d25/0900766b80d25b92.pdf>

22. DatasheetReceptor RF AM-HRR_N-433

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/00a7/0900766b800a7a26.pdf>

23. DatasheetDecodificador MC145027

http://www.freescale.com/files/rf_if/doc/data_sheet/MC145026.pdf

24. DatasheetPuerta Lógica AND CD74HCT08

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/00a4/0900766b800a478e.pdf>

25. DatasheetDriver Darlington UNL2004 A

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0125/0900766b80125965.pdf>

OTROS DATASHEETS

- Sensor de Movimiento V40Q

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0568/0900766b80568fbe.pdf>

- Led de Potencia LX W5AM

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0daa/0900766b80daaab3.pdf>

- Fibra Óptica 0,5 mm²

<http://www.avanceluz.com/es/nopubli/catalogo-fo.html>

- Batería de Plomo Ácido 537-5444

<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0b5b/0900766b80b5b642.pdf>